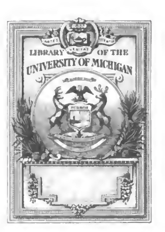
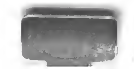
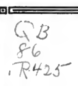


Zur Geschichte der astronomischen ...


LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN





ZUR GESCHICHTE

DER

ASTRONOMISCHEN MESSWERKZEUGE

VON PURBACH BIS REICHENBACH

1450 BIS 1830

VON

JOH. A. REPSOLD

MIT 171 ABBILDUNGEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1908

ZUR GESCHICHTE

DER

ASTRONOMISCHEN MESSWERKZEUGE

Berichtigungen.

Seite 5	Zeile	22 v. o.	lies	»Cylinderdurchmesser« statt »Scheibendurchmesser«.
» 5	»	24 v. o.	»	ein Komma hinter »visirt«.
» 9	»	4 v. u.	»	»Sédillot« statt »Sédilolt«.
» 11	»	3 v. o.	»	»Griechen« statt »Griehcen«.
» 42 N.	»	3 v. o.	»	ein Komma nach »Picard«.
» 68	»	8 v. u.	»	»den« vor »Pol«.
» 77	»	3 v. o.	»	»bedient« statt »bezeugt«.
» 82	»	2 v. u.	»	»Ausspruch« statt »Ausspruchs«.
» 123 N.			»	»Chamlet« statt »Chanlet«.



LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1908



ZUR GESCHICHTE

DER

ASTRONOMISCHEN MESSWERKZEUGE

VON PURBACH BIS REICHENBACH

1450 BIS 1830

VON

JOH. A. REPSOLD

MIT 171 ABBILDUNGEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1908

Vorwort.

Eine mehr als 40-jährige Thätigkeit im Baue astronomischer Meßwerkzeuge hat mir oft Gelegenheit gegeben, mich mit der Entwicklung dieses Zweiges der Technik zu beschäftigen.

Dadurch wurde ich zu einer Reihe von Einzelforschungen geführt, die sich mit der Zeit einander mehr und mehr näherten, bis ich schließlich den Versuch machte, das Ganze zu einem historischen Ueberblick zusammenzufassen. Durch eine Veröffentlichung desselben hoffe ich Anderen, die sich in ähnlicher Richtung unterrichten wollen, Zeit und Mühe zu ersparen, wenngleich viele Lücken geblieben sein werden.

Ich bin auf die Quellen zurückgegangen, soweit es mir möglich war, und führe sie an, um gegebenenfalls dem Leser ein Eingehen ins Einzelne zu erleichtern. Doch mußte sich meine Darstellung auf die hauptsächlichsten Eigenthümlichkeiten der Instrumente beschränken, weil an vielen Stellen nicht mehr zu finden und dadurch für die Ausführlichkeit das Maaß gegeben war. Daß diese im Allgemeinen mit der Zeit zunimmt, ist natürlich und wird dem Interesse entsprechen, das die behandelten Gegenstände finden.

Es war ursprünglich nicht meine Absicht, über Purbach zurückzugehen; ein kurzer Ueberblick über das uns aus dem Orient Ueberkommene schien mir aber später doch nothwendig. Da ich dabei auf Uebersetzungen angewiesen war, so kann die Auffassung dadurch beeinflußt worden sein. Nach der andern Seite habe ich mir einstweilen das Jahr 1830 als Ziel gesetzt.

Hamburg, im Oktober 1907. **Joh. A. Repsold.**

Inhalt.

Seite

Verzeichniß der wiederholt benutzten Abkürzungen.

a) Druckwerke.

Adams, G., Geometrical and graphical Essays, London 1791 . . . . Adams.
Apian, P., Instrument Buch, Ingolstadt 1533 . . . . Apian.
Astronomische Nachrichten, herausg. von H. C. Schumacher u. A. . . . . A. N.
Auzout, Du micromètre, in Mém. de l'Acad. avant 1699, La Haye 1731 (Amsterdam 1736) IV . . . . Auzout.
Bailly, J. S., Histoire de l'astronomie moderne, I—III, Paris 1779—82 . . . . . . Bailly.
Bernoulli, J., Lettres astronomiques, Berlin 1771 . . . . Bernoulli.
Berthoud, Essai sur l'horlogerie, Paris 1763 . . . . Berthoud.
Bion, N., Mathematische Werkschule, deutsch von Doppelmayr, 2. Aufl. mit 2 Fortsetzungen, II u. III, Nürnberg 1717—21 . . . . Bion.
Bohnenberger, M. J. G. F., Anleitung zur geogr. Ortsbestimmung, Göttingen 1795 Bohnenberger.
Brahe, Tycho, Astronomiae instauratae mechanica, Noribergae 1602 . . . . . . Brahe.
Braunmühl, A. v., Christoph Scheiner, Bayer. Bibliothek Bd. 24, Bamberg 1891 . Braunmühl.
Cassini, J. D., Mémoires pour servir à l'histoire des sciences, Paris 1810. . . . . Cassini.
—— de Thury, C. F., La Meridienne de Paris vérifiée, Paris 1744 . . . . Mer. vér.
Chaulnes, le Duc de, Nouvelle méthode pour diviser les instruments de mathématique, Paris 1768 . . . . Chaulnes.
Coester, A. und Gerland, E., Beschreibung der Sammlung astronomischer Apparate im Kgl. Museum zu Cassel, Cassel 1878. . . . . Gerland.
Condamine, C. M. de la, Mesure des trois premiers degrés, Paris 1751 . . . . . Condamine.
Dégré du méridien entre Paris et Amiens, déterminé par Picard etc., Paris 1740 Dégré.
De Lambre, J. B. J., Histoire de l'astronomie du moyen age, Paris 1819 . . . . De Lambre B.
—— Histoire de l'astronomie au 18. siècle, Paris 1827 . . . . De Lambre D.
Doppelmayr, J. G., Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematikern und Künstlern, Nürnberg 1730 . . . . Doppelmayr.
Flamsteed, Historia coelestis britannica, Londini 1712. . . . . Flamsteed.
Frisch, Ch., Joh. Kepleri Opera omnia, Frankofurti a. M. et Erlangae 1858—71 . Frisch.
Gassendi, P., Tychonis Brahei vita, acc. Nic. Copernici, G. Purbachii et Joh. Regiomontani vita, Hagae-Comitum 1655 . . . . Gass.
Gauss-Schumacher, Briefwechsel, herausg. von C. A. F. Peters, Altona 1860—65 Gauss-Sch.
Gerland, s. Coester.
Gilberts Annalen. . . . . Gilbert.
Günther, S., Bayer. Bibliothek, herausg. v. K. v. Reinhardstoettner u. K. Trautmann, Bamberg 1890 . . . . Günther.
Halma, s. Ptolemaeus.
Hevel, Joh., Machina coelestis, pars I, Gedani 1673 . . . . Hevel.
Histoire de l'Académie roy. des sciences, avec les Mémoires de math. etc., Paris (Ausgabe Paris) . . . . Mém. Par.
Hooke, Rob., Animadversions on the first part of the machina coelestis of Hevelius, London 1674 . . . . Animad.
—— Posthumous Works, London 1708 . . . . Hooke.

Horrebow, P., Basis astronomiae, Hafniae, 1741 . . . . Horrebow.
Huygens, Ch. (Hugenius), Opera varia I—IV, Lugduni Bat. 1724 . . . . Huygens.
Jahrbuch, Berliner astronomisches, herausg. von Bode u. A. . . . . Jahrbuch.
Instrumentenkunde, Zeitschrift für, Berlin . . . . Instrk.
La Lande, Jérôme Le Français, Astronomie I—III, Paris 1792, ... Lalande.
—— Bibliographie astronomique; avec l'histoire abrégée de l'astronomie de 1781 à 1802, Paris 1803 . . . . Bibliogr.
Lambert, H. J., Anmerkungen über die Brandersehen Mikrometer von Glase, Augsburg 1769. . . . . Lambert.
Le Monnier, P. C., Histoire céleste, Paris 1741. . . . . Le Monnier.
—— Description et usage des principaux instruments d'astronomie, Paris 1774 . . Descr.
Lindenau, B. v. und Bohnenberger, Zeitschrift für Astronomie etc., Gotha 1816—18 Lindenau.
Marinoni, J. J., Astronomica specula domestica, Viennae 1746 . . . . Marinoni.
Maupertuis, de, Figure de la Terre, déterminée par les observations faites au cercle polaire, Paris 1738 . . . . Maupertuis.
Mémoires de l'Académie des sciences, Paris, s. Histoire de l'Académie roy. des sciences.
Merz, Sigmund, Leben und Wirken Fraunhofers, Landshut 1865 . . . . Merz.
Metius, A., Primum mobile (Opera omnia astronomica), Amsterdami 1633 . . . . Metius.
Passemant, Description et usage des télescopes etc., Paris (nach 1763) . . . . . Passemant.
Pearson, W., An introduction to practical astronomy, London 1824—29. . . . . Pearson.
Philosophical Transactions, London . . . . Ph. Tr.
Picard, Ouvrages de mathématiques, in Mém. de l'Acad. avant 1699, La Haye 1731 (Amsterdam 1736) IV. . . . . Picard.
Ptolemaeus, Cl., Μαθηματικὴ Σύνταξις, Composition mathématique traduite par Halma, Paris 1813—16 . . . . Halma.
Puissant, L., Traité de Géodésie, I, Paris 1819 . . . . Puissant.
Purbach, s. Regiomontan.
Ramsden, J., Description d'une machine pour diviser etc., traduite de l'anglais par M. de La Lande, Paris 1790 . . . . Ramsden.
Regierungsblatt für das Königr. Bayern, 4. Febr. 1829 . . . . Reg.-Bl.
Regiomontanus, Joh., Scripta de torqueto etc. acc. Joh. Schoneri Carlostadii additionibus, item Libellus M. Georgii Purbachii de Quadrato Geometrico, Norimbergae 1544 . . . . Scripta.
Richer, Observations astron., in Mém. de l'Acad. avant 1699, La Haye 1731 (Amsterdam 1736) IV. . . . . Richer.
Schoner, A., Gnomonice, Noribergae 1562 . . . . Schoner.
—— J., Opera mathematica, Noribergae 1561 . . . . J. Schoner.
Schumacher, Herm., Die Lilienthaler Sternwarte, aus den Abhandlungen, herausg. v. naturwissensch. Verein in Bremen, Bd. XI. Heft I, Bremen 1889. . . . . Lilienth.
Sédillot, L. Am., Mémoire sur les instruments astron. des Arabes, Paris 1841 . . Sédillot.
Smith, R., A complete system of Opticks, Cambridge 1738 . . . . Smith.
Struve, W., Beschreibung des großen Refractors von Fraunhofer, Dorpat 1825 . Struve 1825.
—— Beschreibung der Breitengradmessung in den Ostseeprovinzen, Dorpat 1831 . Struve 1831.
Suter, H., Die Mathematiker und Astronomen der Araber, Leipzig 1900 (Abh. zur Geschichte der math. Wissensch., Heft X, neue Folge) . . . . Suter.
Vince, S., A treatise of practical Astronomy, Cambridge 1790 . . . . Vince.
Wolf, C., Histoire de l'Observatoire de Paris, Paris 1902. . . . . C. Wolf.
—— Rud., Geschichte der Astronomie, München 1877. . . . . Wolf Gesch.
—— Rud., Handbuch der Astronomie, Zürich 1892 . . . . Wolf.
—— Rud., Astron. Mittheilungen in Vierteljahrschrift der naturf. Gesellschaft in Zürich V. I. S.
Zach, F. von, Monatliche Correspondenz, Gotha 1800—13 . . . . M. C.
—— Correspondance astronomique, Genua 1819—26 . . . . Zach.

NB. Die am Fuße der Seiten gegebenen Namen und Lebensdaten sind meist Rud. Wolf's Geschichte und Handbuch, sowie Poggendorff's Handwörterbuch entnommen.

b) Nicht veröffentlichte Briefe.

Fraunhofer an Bessel . . . . F.-Bessel.
» » Gauss . . . . F.-Gauss.
» » Schumacher . . . . F.-Schumacher.
» » W. Struve . . . . F.-Struve.
Reichenbach an Bessel . . . . R.-Bessel.
» » Gauss . . . . R.-Gauss.
» » Schumacher . . . . R.-Schumacher.
» » W. Struve . . . . R.-Struve.
Briefwechsel Repsold-Bessel . . . . Repsold-B.
» » -Gauss . . . . Repsold-G.
» » -Horner (von Rud. Wolf unvollständig veröffentlicht in Mittheilungen der Vierteljahrschrift d. naturf. Gesellsch. in Zürich) . . . . Repsold-H.

c) Sonst benutzte Abkürzungen.

m = Meter.
mm = Millimeter.
f = Fuß, z = Zoll, l = Linie: meist in pariser Maaß zu verstehen.
c = cubitus bei Tycho und Hevel = coudée bei Halma = 417^{mm}.
cd = coudée bei Sédillot = 595^{mm}.
r = Halbmesser.



Die astronomischen Meßwerkzeuge haben naturgemäß stets in engen Wechselbeziehungen zu dem Stande der astronomischen Wissenschaft gestanden.

Im 15. Jahrhundert, als man im mittleren Europa begann, über die allgemeine Beachtung der auffalligsten Himmelserscheinungen hinaus Interesse und Verständniß für die Astronomie zu gewinnen, beruhte diese auf Ueberlieferungen der »Mathematische Syntax« benannten, als »Almagest« bekannteren Schriften des Claudius Ptolemaeus, in denen er um 150 n. Chr. die seit Hipparch (um 140 v. Chr.) erwachsenen und in der griechischen Akademie zu Alexandria gepflegten Kenntnisse niedergelegt hatte.

Die Verbreitung dieses Werkes durch Abschriften scheint sehr langsam erfolgt zu sein, obgleich die Akademie noch durch Jahrhunderte fortbestand. Erst im 8. Jahrhundert begannen die Araber, sich mit demselben zu beschäftigen, es in ihre Sprache zu übertragen und mit eignen oder von andern orientalischen Völkerschaften übernommenen Zuthaten zu verbinden. Während der Herrschaft der Araber in Spanien gelangte ihre Cultur auch hier zu hoher Blüthe, und von hier aus zumeist verbreiteten sich ihre astronomischen Kenntnisse über das Abendland. Doch waren sie nicht im Stande gewesen, die Wissenschaft wesentlich zu fördern, trugen dagegen viel Astrologisches hinein.

Ohne Zweifel wurden die Schriften des Ptolemaeus auch unmittelbar oder über Griechenland nach Italien übertragen, wenn nicht früher, so doch zur Zeit des Aufblühens der Renaissance in Italien, wo man das Sammeln reichhaltiger Bibliotheken als Liebhaberei mit Aufwendung großer Mittel betrieb; doch kamen sie wohl lange nicht in die richtigen Hände.

Purbach[1]) war einer der ersten, die danach suchten. Nach Beendigung seiner Studien in Wien, die besonders der Mathematik und der Theologie gewidmet gewesen waren, hatte er sich der Astronomie zugewandt und war nach Italien gegangen, um in Rom und Bologna weitere Kenntnisse zu sammeln. Nach Wien zurückgekehrt, empfand er bei seinen Arbeiten das Bedürfniß, sich mit den Lehren des Ptolemaeus eingehend bekannt zu machen. Wie selten aber der griechische Urtext war, geht daraus hervor, daß Purbach, obgleich er in Wien in angesehener Stellung war, kein anderes Exemplar zur Verfügung hatte, als eine fehlerhafte, aus dem Arabischen ins Lateinische übertragene Handschrift, die er sorgfältig von Entstellungen säuberte und zu einem Auszuge bearbeitete (Gass., 339). Es war ein glücklicher Zufall, daß er während dieser Arbeit mit dem päpstlichen Legaten Bessarion[2]), einem gelehrten

[1]) Georg Purbach, Peurbach in Ober-Oesterreich 1423 — Wien 1461.

[2]) Johannes (oder Basilius) Bessarion, Trapezunt 1395 — Ravenna 1472, Patriarch von Constantinopel, später Bischof von Ravenna.

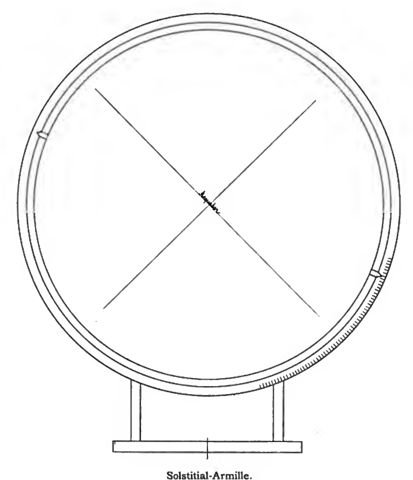
Ortsbestimmungen über das ganze sichtbare Himmelsgewölbe anstellen ließen **[Fig. 3]**. Das Hauptstück ist ein aus zwei gleichen, sich rechtwinklig kreuzenden und fest mit einander verbundenen Ringen (Armillen) gebildetes Kugelgerippe; der eine dieser Ringe entspricht dem Solistitialkolur, der andere der Ekliptik und ist in Grade und Unterabtheilungen getheilt. Der Durchmesser dieser Ringe war nach Theon[1]), dem Commentator des Ptolemaeus (Halma **2**, Notes **1**, 33), etwa 0,4 m. In 90° von den Kreuzungspunkten, also in den Ekliptikpolen, ist der Kolurring mit zwei in demselben Durchmesser stehenden Bohrungen versehen, in welchen nach außen und nach innen vortretende Zapfen leicht passen. Die beiden äußeren Zapfen tragen einen über, die beiden inneren einen in das Kugelgerippe passenden Ring, und diese beiden Ringe sind durch die beiden Zapfen fest mit einander verbunden. In dem inneren, getheilten Ringe gleitet concentrisch ein kleinerer Ring mit Index und zwei zu einander diametral stehenden Visiren. In dem äußeren beweglichen Ringe sind in richtigem Abstande von den Ekliptikpolen zwei der Erdachse entsprechende Zapfen befestigt, und an diesen wurde das Ganze in einem Meridianringe auf einem Pfeiler aufgestellt und orientirt. Wenn man dann den beweglichen Doppelring nach der Sonne in seinen schmalsten Schatten, oder nach einem bekannten Gestirn an der Ekliptiktheilung einstellte und darauf die Visire des kleinsten Ringes auf einen unbekannten Stern richtete, so gaben die Ablesungen der beiden Kreise dessen Länge und Breite.

Als selbstverständlich bekannt vorausgesetzt werden im Almagest der »Gnomon« und die »Wasseruhr« (klepsydra); es liegt darin ein Beweis des hohen Alters beider. Der Gnomon (Halma **1**, 66), der schattenwerfende Zeiger, bestand in seiner einfachsten Gestalt wohl aus einem senkrecht in die Erde gesteckten Stabe, dessen Sonnenschatten man verfolgte. Das Erdreich wurde geebnet und wagerecht hergerichtet, bis darauf gegossenes Wasser nach allen Seiten gleichmäßig verlief (Sédillot, 98). Beschrieb man dann um den Stab einen concentrischen Kreis von etwas größerem Halbmesser, als der kürzeste Schatten des Stabes, so ging das Ende des Schattens einmal vor Mittag und einmal nach Mittag durch die Kreislinie. Bezeichnete man weiter diese beiden Schnittpunkte, nahm die Mitte der sie verbindenden geraden Linie und zog von da zum Kreismittel, d. i. zum Stabe, so gab dies die Richtung des höchsten Standes der Sonne oder die Mittagslinie, die durch die beiden ersten Punkte gehende Linie aber die Richtung von Osten nach Westen. Man stellte wohl auch den Stab in die Polrichtung (nannte ihn dann Polos) und die Kreisfläche in die Aequatorebene, oder höhlte diese nach Berosus[2]) zu einer dem Polosende concentrischen Kugelschale aus. — Aus dem Gnomon entwickelte sich die Sonnenuhr.

Von der Wasseruhr spricht Ptolemaeus nur (Halma **1**, 339), um zu sagen, daß sie ihm nicht genügte. In ihrer späteren, bis ins 16. Jahrhundert benutzten Einrichtung bestand sie (Bailly **1**, 70) aus einem Behälter prismatischer Form, in den das Wasser aus einer unveränderlichen Oeffnung mit möglichst gleichmäßigem Drucke floß. Ein Schwimmer stieg mit der Oberfläche und ließ eine durch Gewicht getriebene Welle mit Zählscheibe ablaufen.

[1]) Lebte um 370 n. Chr. in Alexandria.

[2]) Lebte um 280 v. Chr.



Solstitial-Armille.

Schematische Skizze nach dem Almagest.

Uebrigens ist zu beachten, daß Ptolemaeus, wenngleich seine Schreibweise es zuweilen (nach der Uebersetzung) nicht erkennen läßt, nicht nur seine eigenen Arbeiten wiedergeben will, sondern ein Bild dessen, was ihm von seinen Vorgängern, besonders von Hipparch, überkommen, und was durch eigenes Weiterbilden zu seinem Besitz, oder vielmehr zu dem Besitz seiner Zeit, geworden war. Er spricht dies zu Anfang seines Werkes (Halma **1**, 4) deutlich aus; es heißt dort: »instruits par les travaux »de ceux qui avant nous se sont appliqués à cette science (la science mathématique), »nous nous efforçons d'augmenter ce goût pour les vérités éternelles; et, en nous pro»posant de rassembler ce qu'il sera possible de recueillir encore des découvertes qui »ont été faites en ce genre, avec celles qui ont déjà été publiées, nous entreprendrons »de les présenter avec la brièveté dont cette matière est susceptible.« Auch die Entstehung der angeführten Meßwerkzeuge ist danach innerhalb eines Zeitraumes von mehreren Jahrhunderten, etwa von 150 v. Chr.—150 n. Chr., vielleicht auch zum Theil weit früher anzunehmen. Es zählt dahin ein einfaches Werkzeug, von dem Bailly (**1**, 20 ff.) sagt, daß Archimedes[1]) oder gar schon Aristoteles[2]) es angewandt habe, und welches später mit kleinen Veränderungen von großer Bedeutung für die Seefahrt geworden ist. Archimedes richtete sich einen Stab her, auf dem ein Cylinder (bei Aristoteles eine Scheibe) zu verschieben war, und benutzte ihn zur Messung des Sonnendurchmessers, ohne Zweifel in der Weise, daß er das Auge vor das eine Ende des Stabes hielt, nachdem er ihn gegen die Sonne gerichtet hatte, und dann den Cylinder verschob, bis die Sonne von demselben gerade verdeckt wurde. Der Abstand des Auges von dem Cylinder, der sich am Stabe leicht messen ließ, gab den Radius, der Scheibendurchmesser die Sehne des Winkels, in dem die Sonnenscheibe erschien. Bailly meint, Archimedes habe mit beiden Augen an dem Cylinder hin visirt den Augenabstand als Sehne angenommen. Es ist nicht einzusehen, weshalb Archimedes diesen die Beobachtung und Berechnung des Winkels sehr erschwerenden Umweg benutzt haben sollte.

Ein Gegenstück zu dem Stabe des Archimedes ist der Stab des Hipparch (Regula Hipparchi), von dem schon die Rede gewesen ist, und man darf vermuthen, daß jener zu diesem die Anregung gegeben hat.

Halma spricht in seiner Vorrede (S. LVII und LVIII) noch über eine von Ptolemaeus nicht angegebene, aber von Theon beschriebene Vorrichtung, die er »dioptra« nennt; er giebt dazu zwei Zeichnungen (**1**, 1 und **2**, 1), die nicht gleich sind. Beide zeigen eine lange Bahn mit zwei rechtwinklig darauf stehenden Platten (pinnules), von denen die eine an dem einen Ende der Bahn befestigt, die zweite nach dem andern Ende hin verschiebbar ist. Diese Platten sind durch parallel zur Querrichtung der Bahn laufende Schlitze als Diopter eingerichtet. In der zweiten Zeichnung (die doch wohl als eine Verbesserung aufzufassen ist, wenngleich Halma erklärt, damit nur eine andere Ansicht geben zu wollen) hat die Augenplatte nur eine kleine runde Bohrung, während der Schlitz in der oberen Platte unverändert geblieben ist. Querlinien auf der Bahn scheinen eine Theilung andeuten zu sollen, nach der die Verschiebung der oberen Platte gemessen wurde. Aus Halma's Bemerkung (S. LVIII): . . »posé sur le côté

[1]) 287—212 v. Chr. in Syrakus.
[2]) 384—322 v. Chr.

pour observer les diamètres verticaux des luminaires« wird man schließen dürfen, daß nach seiner Annahme die Durchmesser der Sonnen- oder Mondscheibe nach der Länge des Schlitzes gemessen wurden, und wenn er hinzufügt, Theon sage ausdrücklich: »qu'il (le dioptra) pouvait être posé de tous les sens«, so hat man sich die Aufstellung als eine altazimuthale vorzustellen. — Halma beklagt sich (S. LVII), daß Bailly ihn in Bezug auf die Dioptra unrichtig verstanden habe, und in der That giebt Bailly etwas ganz Anderes, nämlich zwei sich um einen Zapfen drehende Lineale, jedes mit einem Visir, an denen der zu messende Abstand durch gleichzeitige Beobachtung beider vom Augenvisir her eingestellt und gemessen werden sollte, wie, ist nicht näher angegeben. Auch De Lambre[1]) weicht von Halma's Beschreibung ab, giebt aber nur kurz eine dem Maurolycus[2]) entlehnte Zeichnung wieder, nach der man vermuthen muß, daß auch dieser Schriftsteller die Einstellung durch zwei getrennte Visire, nicht an den Enden eines Schlitzes, angenommen hat (De Lambre B, 438).

Die bisher betrachteten Meßwerkzeuge scheiden sich deutlich in zwei Gruppen: 1. solche von großen Abmessungen und aus Holz oder Stein gebaut, wie der Quadrant, das parallaktische Lineal, der Stab mit Cylinder, vielleicht der Gnomon, 2. solche, die von Metall und dann kleiner hergestellt waren. Es ist wohl anzunehmen, daß die erste Gruppe die ältere ist, daß die Veränderlichkeit und sonstige Mängel des Holzes, sowie die grobe Structur und Härte des Steines, zur Benutzung von Metallen führte, deren Bearbeitung aber nur in kleineren Maaßen beherrscht wurde. Die Kunstfertigkeit, welche die Herstellung der Ringinstrumente und besonders des Astrolabiums erforderte, ist aber nicht gering anzuschlagen. Noch jetzt würde nur von einem geschickten, mit guten Werkzeugen, namentlich einer Drehbank, ausgerüsteten Arbeiter die auch nur für primitive Beobachtungen genügende Ausführung solcher Meßwerkzeuge zu erwarten sein.

2. Die Meßwerkzeuge der Araber.

Ueber die Meßwerkzeuge der Araber giebt Sédillot[3]) in seinem »Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes«, Paris 1841, ausführliche Auskunft, die er arabischen und persischen Manuscripten von 1103 bis 1157 entnimmt. Er theilt sie in zwei Gruppen, von denen die erste, neben einfachen Himmelsgloben, Scheibeninstrumente in Form von Quadranten, Halb- und Vollkreisen umfaßt, während die andern als Beobachtungs-Instrumente bezeichnet werden.

Die Instrumente der ersten Gruppe gewähren in sehr verschiedenen Spielarten, durch sinnreich construirte Linien und Inschriften, die Lösung einer Reihe von astronomischen Fragen ohne Rechnung, durch einfache Ablesung, zum Theil mit Hülfe von eingesteckten Nadeln, Schnur mit gleitender Perle und Loth, und können nicht als Meßwerkzeuge gelten. Eine Ausnahme macht das Astrolabium, nach Sarrus[4]) das »Nécessaire d'un astronome de ce temps là«, da es auch zu richtigen Höhenmessungen dienen kann

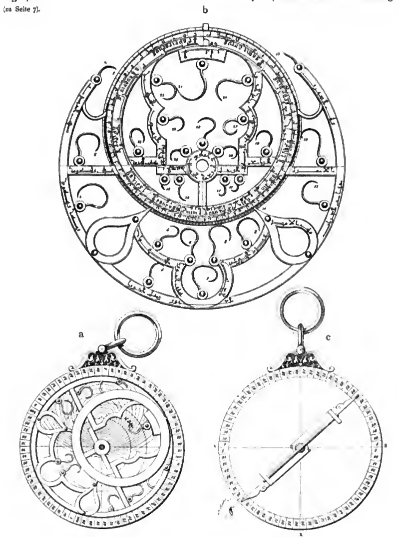
[1]) Jean Baptiste Josèphe De Lambre, Amiens 1749 — Paris 1822, Prof. astr.

[2]) Francesco Maurolycus, Messina 1494—1575, Prof. math.

[3]) Louis Pierre Eugène Amélie Sédillot, Paris 1808—75, Prof. hist.

[4]) P. F. Sarrus, St. Affrique (in Aveyron) gegen 1800, Prof. math.





Arabisches Astrolabium, 1208,
nach Sarrus.





Arabisches Astrolabium, 1208, nach Sarrus.

und, in allmählich sehr veränderter Einrichtung, noch bis in das vorige Jahrhundert sich erhalten hat. Sarrus (dem wir hier im Wesentlichen folgen) giebt sehr gute Abbildungen eines arabischen Astrolabiums von 1208 im »Mémoire de la Société du Muséum d'histoire naturelle de Strasbourg« 1853, 2. et 3. livraisons.

Es besteht aus einer flachen runden Metallkapsel von 165 mm Durchmesser mit einem Auswuchse für Anbringung eines Aufhängeringes. Die Vorderfläche **[Fig. 4a]** zeigt einen äußeren, vorspringenden Reifen (den limbus) mit einer die 360 Aequatorgrade darstellenden Theilung zur Messung der Rectascensionen der Sonne und der Sterne, sowie zur Schätzung der Zeit einer Beobachtung. Die Vertiefung der Vorderfläche innerhalb des Randes wird die »Mutter« genannt und dient zur Aufnahme einiger dünnen Platten (shafiahs)[*], auf denen verschiedenen Breitengraden entsprechende stereographische Polarprojectionen der Himmelslinien verzeichnet sind, und zwar des Aequators und der beiden Wendekreise, von zwölf Stundenkreisen durchschnitten, die sowohl für den Tag, als auch für die Nacht dienen, des Horizonts und der ihm parallelen Höhenkreise (almucantharats), unter denen die Dämmerungskreise hervorgehoben sind (in der Zeichnung nicht alle sichtbar). Ueber diesen Platten und in einer Ebene mit dem Limbus liegt noch eine vielfach durchbrochene Deckplatte, außen mit einem Index für die Theilung, innen aber, im freien Felde. mit geschweiften Spitzen versehen, die einer Anzahl von Hauptsternen in der Projection der shafiah entsprechen und ihre Namen tragen; dazwischen liegt der Thierkreis **[Fig. 4b]**. Diese ihres Aussehens wegen die »Spinne« (aranea, auch rete, volvellum) genannte Platte führt sich, Pol auf Pol, mit der dahinter liegenden shafiah an einem Zapfen, der auch in die Mitte der Kapsel und in eine diametrale Alidade auf der Rückseite paßt und durch einen Vorsteckkeil gehalten wird. Die Alidade und die Spinne drehen sich frei auf dem Zapfen, die in der Mutter liegenden Platten werden dagegen durch einen Vorsprung und Einschnitte in bestimmter Lage gehalten. Die Spinne zeigt also durch Verdrehung vor der dem Beobachtungsorte entsprechenden shafiah-Platte alle dort vorkommenden wechselnden örtlichen Beziehungen der in der Spinne dargestellten Sterne und Himmelszeichen zu den Himmelslinien, und der Index der Spinne giebt am Limbus die Beziehungen in der Zeit. Die Schriftzüge der Mutter haben astrologische Bedeutung.

Die Rückseite **[Fig. 4c, d]** enthält innerhalb einer 360°-Theilung am Rande einen immerwährenden Kalender und in der Mitte, für Zeitbestimmung, zwei sogenannte Schattenquadrate: Quadrate, in denen stundenweise die Richtung des Sonnenschattens eines dünnen, in eine centrische Bohrung des Drehungszapfens zu steckenden Stiftes (stylus) bei horizontal liegendem und in den Meridian eingerichtetem Astrolabium angegeben ist. Die Schatten werden als verticale und horizontale, (später als »umbra recta« und als »umbra versa«) bezeichnet, je nachdem sie zwischen dem Meridian und 45° Azimuth liegen oder darüber hinaus.

Den eigentlich messenden Theil bildet aber die vor der 360°-Theilung am Rande der Rückseite drehbare Alidade, und dieser allein hat sich später erhalten. Es ist bemerkenswerth, daß die Alidade neben zwei Lochvisiren auch ein über die ganze Länge reichendes enges Rohr zum Absehen enthält. Man maaß Höhen, indem man

[*] Nach Suter (Suter, 109): safiha, lat. saphea, Scheibe (auch Astrolabium).

das Instrument am Finger hängen ließ, unter der Voraussetzung, daß diese Lage der Nullstellung entspreche. Bei den meisten der sonstigen Beobachtungen mußte der immerwährende Kalender als Grundlage dienen. Sarrus giebt dafür einige Beispiele.

Sédillot berichtet (S. 150, 153), daß arabische Gelehrte durch den Beinamen »Asterlabi« als solche, die Astrolabien anzufertigen verstanden, ausgezeichnet wurden. Man wird danach (wie es auch an sich nicht unwahrscheinlich ist) die Construction der Projectionen Astronomen von Beruf zusprechen dürfen.

Was die arabischen Beobachtungs-Instrumente betrifft (S. 194—204), so sind unter ihnen wieder die Ptolemaeus nachgebildeten von denen eigener Erfindung zu unterscheiden. — Unter den ersteren begegnen wir zunächst einem Mauer-Quadranten in etwas vervollkommneter Ausführung. Die Mauer ist $6\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{2}$ coudées in der Meridianebene, oder, da Sédillot 1 coudée = 595 mm angiebt, ca. 3.9 × 3.9 m (S. 194). Der an dieser Mauer befestigte Bogen ist von Holz und wird an den Enden durch zwei Radien versteift; für die Theilung, auf Minuten ablesbar, ist ein Kupferreif eingelegt; der Halbmesser ist nicht angegeben, muß aber doch wohl mindestens zu 2,5 m angenommen werden. Um einen Zapfen im Mittel des Bogens wird eine Alidade mit zwei in Spitzen auslaufenden Visiren durch Seil und Rolle bewegt.

Neben dem Mauer-Quadranten werden für Höhenmessungen im Meridian auch verwandt: (S. 196) ein fest aufgestellter Kreis mit zwei Visiren an einer Alidade (ähnlich der Armilla solstitialis) oder (S. 197), für die Sonne, ein einfacher senkrechter Gnomon, dessen Höhe und Schattenlänge gemessen werden.

Die Armillensphäre oder das Astrolabium des Ptolemaeus scheinen die Araber im Wesentlichen dem Urbilde nachgebildet zu haben (S. 197), nur ist, wohl zur größeren Steifigkeit, noch ein Kolurenreif eingefügt; dagegen wurde der kleinere, im inneren Breitenringe gleitende Ring durch eine diametrale Alidade ersetzt. Auch hier soll eine Röhre zwischen den beiden Visiren angebracht gewesen sein.

Als Ptolemaeus nachgebildete Instrumente bezeichnet Sédillot noch, ohne weitere Bemerkungen, die feststehende Aequatoreal- (= Aequinoctial-)Armille (S. 198), das parallaktische Lineal und (nach De Lambre) ein Werkzeug, das er »Instrument à pinnules mobiles« nennt, für Messung des Monddurchmessers: ein 2,8 m langer getheilter Stab mit zwei Lochvisiren, das dem Auge zugekehrte eng, das andere weiter durchbohrt und auf dem Stabe der Länge nach verschiebbar, bis es von der Mondscheibe ausgefüllt wird. Es ist dies also der Stab des Hipparch. Der Stab wurde auf einem Fuße gehalten. Bei Verfinsterungen wurde die Erscheinung durch eine vor das weite Visir gerückte Scheibe festgestellt, mit der man durch Ausschneiden den Schattenrand nachzubilden suchte. Es darf wohl als wahrscheinlich angenommen werden, daß auch der archimedische Stab in der ursprünglichen Form benutzt worden ist.

Sédillot bespricht dann fünf Instrumente, als deren Erfinder Mouvayad al-Oredhi[1] genannt wird (S. 199):

1. Zunächst ein »Instrument des quarts de cercle mobiles« benanntes Werkzeug, ein großer horizontaler Ring mit zwei gegen die vier Himmelsgegenden gerichteten Durchmessern; in der Mitte ein Cylinder, um den zwei verticale, mit Alidaden

[1]) Wahrscheinlich identisch mit Mu'jid (oder Mu'aijed) ed-dîn el-'Ordî, der um 1250 als Astronom in Meragah lebte (Suter, 147, 154).

versehene Quadranten sich von einander unabhängig drehen ließen. Man konnte so zur selben Zeit die Höhen und die Azimuthe zweier Sterne und damit ihren Abstand finden. Also ein Altazimuth. Die beigegebenen Zeichnungen sind leider alle sehr unvollkommen und nicht geeignet, weitere Aufschlüsse zu geben.

2. Eine Modification des parallaktischen Lineals, die Sédillot als »instrument aux deux piliers« bezeichnet (S. 200). Wir finden auch hier den um einen Zapfen im Meridian drehbaren Radius, doch in Gestalt eines Balkens von 3,2 m Länge, 0,15 m Dicke, der durch Seil und Rolle in solche Neigung geführt wird, daß das zu beobachtende Gestirn in den Visiren erscheint. Senkrecht unter dem Zapfen und in gleichem Abstande von diesem, wie das Balkenende, ist der Drehungspunkt eines zweiten Balkens mit Theilung, der unter das Ende des hängenden gehalten wird und die Sehne der beobachteten Zenithdistanz ablesen läßt. Neu ist aber die zweckmäßige und durch die Größe des Apparats einigermaßen bedingte Aufstellung zwischen zwei Pfeilern, etwa 3,6 m hoch, auf denen eine durch den Mittelpunkt gehende Welle ihr Lager hatte.

3. »Instrument des sinus et des azimuts« (S. 201), bestehend aus einem horizontalen Kreis auf einer Säule und, wie es scheint darauf drehbar, zwei Stäben, die zu einem in einer Rinne gleitenden Zirkel verbunden waren und durch zwei andere, senkrechte Stäbe unterstützt wurden, an denen man, statt der Höhe, den sinus derselben ablesen konnte (. . . se composait d'un cercle posé horizontalement sur une colonne et de deux règles formant un compas glissant dans une rainure, et soutenues par d'autres règles perpendiculaires, à l'aide desquelles, au lieu d'observer la hauteur, on en voyait le sinus). Also wohl eine Art Altazimuth.

4. Ein Instrument, welches die Sinus und Sinusversus anzeigte, ohne alle Beschreibung.

5. Das Instrument aux deux piliers, doch horizontal gelegt.

Zu diesen fünf Instrumenten hat De Lambre (De Lambre B, 203) die doch wohl nicht ganz berechtigte Bemerkung gemacht, sie seien nicht nachgebildet worden und seien es auch nicht werth gewesen. Sédillot nimmt dagegen seine Araber in Schutz und hält De Lambre vor, daß sie doch die wichtige Erfindung des Lochgnomons (in Meragah) gemacht haben. Es ist nicht recht verständlich, wie Sédillot auf diese Erfindung, die er auch sonst hervorhebt, so großen Werth legen konnte. Denn wer, wie Ptolemaeus und schon Hipparch, einmal Lochvisire benutzt hat, würde, wenn er mit einem Gnomon absolute Höhen messen wollte, sicher auch hier mit Loch, oder vielleicht einem horizontalen Querstifte, beobachtet haben. Aber Ptolemaeus maaß die Schiefe der Ekliptik nicht mit dem Gnomon, sondern mit seinem Höhenkreise (Armilla solstitialis), und wenn er, wie es wahrscheinlich ist, die Mittagslinie mit Hülfe des Gnomons und eines concentrischen (sogenannten indischen) Kreises bestimmte, so war die Benutzung des einfachen Endschattens durchaus gerechtfertigt, weil die Verschiebung der beiden Schnittpunkte durch den etwas fehlerhaften Schatten zu beiden Seiten dieselbe war.

Eine sehr eigenthümliche und durch seine Maaße imponirende Meßvorrichtung der Araber ist endlich der sogenannte »Sextant« (Sédilolt, 204), ein groß angelegter Lochgnomon für Höhenbestimmungen. Die Grundlage bilden zwei auf beiden Seiten des Meridians und parallel zu demselben in etwa 4 m gegenseitigen Abstandes errichtete Mauern, die an ihrem südlichen Ende durch ein festes Gewölbe mit einander verbunden

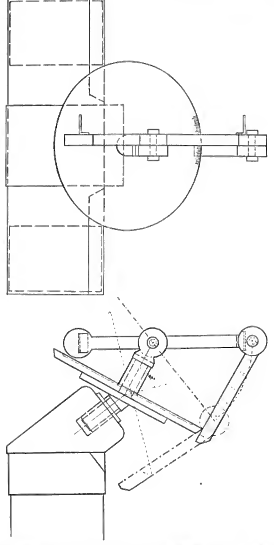
sind. Im Scheitel dieses Gewölbes ist in 12 m Höhe über Erdboden eine kreisrunde Oeffnung von 0,1 m angebracht, durch deren Mitte senkrecht zum Meridian ein starker Eisenbolzen geht. Zwischen den beiden tief fundirten Mauern ist von der senkrechten Projection des Bolzens ab nach Norden das Erdreich bis auf 12 m Tiefe ausgehoben, und dieser Hohlraum ist mit einem starken Holzgerüst ausgebaut, das mit einer concentrisch zum Eisenbolzen gelegten Bohlenlage von 60° Länge überdeckt ist. Dieser Holzbogen ist sorgfältig bearbeitet, mit einer Glätteschicht überzogen und mit einer Theilung in Grade, Minuten und Zehntelminuten versehen, an der das Lichtbild der Sonne zu beobachten ist. Für die genaue Herstellung des Theilungsbogens war besondere Vorsorge getroffen: Man hatte an dem Eisenbolzen ein starkes viereckiges Holzrohr von 24 m Länge aufgehängt, so lang, daß das untere Ende bis nahe an den Bogen reichte, und hat vermuthlich daran ein Schneidwerkzeug angebracht, um das Holz damit unmittelbar zu bearbeiten. Sédillot nimmt an, daß das Holzrohr dauernd hängen geblieben ist, und konnte dann mit einigem Recht sagen (S. 205): »Cet instrument ne diffère de notre mural qu'en ce qu'il était garni d'un simple tuyau au lieu d'une lunette«. Aber es ist kaum wahrscheinlich, daß das Rohr hängen blieb, weil es bei der Beobachtung nur hinderlich sein konnte. Denn als Blendrohr hatte es für die beabsichtigten Sonnenbeobachtungen keinen Zweck. Man bediente sich freilich zur schärferen Einstellung am Theilbogen eines Ringes von der Größe des Sonnenbildes mit zwei sich in 90° schneidenden Durchmessern, den man über das Sonnenbild hielt und demselben folgen ließ; vermuthlich suchte man diese Durchmesser mit dem Schatten des Eisenbolzens oben im Gewölbe und mit der Meridianlinie des Theilungsbogens in Deckung zu halten, um so von dem elliptischen Bilde der runden Oeffnung des Gewölbes unabhängig zu sein. Es könnte nun scheinen, als habe man das lange Rohr als Führung für diesen Ablesering benutzt; aber selbst mit Seil und Rolle (wie am Instrument aux deux piliers), von denen hier aber nichts berichtet wird, hätte man den Ring nicht so sicher führen können, wie unmittelbar mit der Hand, am Theilbogen gleitend. Das Rohr war also für die Beobachtung überflüssig und wird abgenommen worden sein, nachdem der Bogen einmal mit Hülfe dieses Radius hergestellt worden war. — Leider verliert der ganze Apparat etwas an Interesse durch den Umstand, daß man nicht weiß, wo er ausgeführt worden ist, und ob er nicht etwa nur im Project existirt hat. Immerhin läßt er erkennen, daß die Araber als kühne Bauleute an ihren Meßwerkzeugen Dimensionen nicht scheuten, die wir noch jetzt nicht erreicht haben; und man muß anerkennen, daß sie frühzeitig an den beiden größten ihrer Instrumente, über die wir Nachrichten haben, die zweckmäßige Lagerung großer Achsen an ihren beiden Enden, und damit den Zweipfeilerbau für Meridian-Instrumente, in Anregung gebracht haben.

Es muß wiederholt werden, daß die Zeichnungen, welche Sédillot uns geben konnte, leider so dürftig und zum Theil irreleitend sind, daß sie die auch nicht immer ganz klare Beschreibung nicht verständlicher machen. Reconstructionen würden daher zu Phantasiegebilden führen.

Sédillot hebt noch hervor (S. 24), daß die Araber kunstvolle Räderuhren gebaut haben, bezweifelt indeß, daß sie, wie Bernard*) vermuthet hat, das Pendel als Regulator

*) Edward Bernard, Paulers Perry 1638 — Brightwell 1697.





Geber's „Instrumentum quo scitur diversitas aspectum", ca. 1100.

Schematische Skizze nach Apian.

gekannt haben. Er hebt auch die große Kunstfertigkeit hervor, von der ihre noch erbaltenen kleineren Astrolabien Zeugniß geben, und es ist wohl kaum zu bezweifeln, daß die Araber in diesem Zweige der Kleinkunst den Griehcen überlegen waren. Daß sie es auch in der Herstellung größerer astronomischer Meßwerkzeuge gewesen wären, wird man darum noch nicht behaupten dürfen; denn die Armillensphären würden die eigentlichen Prüfsteine sein, und da an solchen ein unmittelbarer Vergleich nicht mehr möglich ist, so wird sich über diese Frage nichts Bestimmtes feststellen lassen. Von einem raschen Fortschritte innerhalb der tausend Jahre, die von Ptolemaeus bis zum Höhepunkte der Cultur der Araber verflossen sind, kann jedenfalls nicht die Rede sein.

Ueber die Gestaltung, welche die arabischen Instrumente in Spanien erhalten haben, geben, ohne wesentlich Neues zu bieten, die »Libros del Saber de Astronomia, del Rey D. Alfonso de Castilla, Madrid« 1863—67, ausführlich Auskunft.

Ein Instrument von besonderem Interesse, das auch im Alter den meisten der vorher besprochenen überlegen sein wird, findet sich noch in der von Peter Apian[1]) mit seinem »Instrumentum primi mobilis« 1534 herausgegebenen lateinischen Uebersetzung: »Gebri filii Affla Hispalensis de astronomia libri IX«. Geber[2]) beschreibt Ptolemaeus' Armillensphäre (instrumentum quod nominatur habens armillas, S. 52), weiterhin (S. 61) das parallaktische Lineal, und endlich ein Instrument, das die genannten und alle anderen ersetzen soll **[Fig. 5]**. De Lambre (De Lambre, B, 182) findet die Beschreibung und die Zeichnungen fast unverständlich; mit etwas Ausdauer gelingt es aber doch einigermaßen, sich von dieser eigenthümlichen Construction ein zutreffendes Bild zu machen.

Geber behandelt zunächst den oberen Theil des Apparates. In einer runden Metallscheibe mit getheiltem Rande von etwa 0,4 m Durchmesser und mit centrischer Büchse bewegt sich auf Reibung ein Zapfen, an dessen Kopf sich rechtwinklig zur Scheibe ein Doppelarm dreht. Dieser trägt an dem einen Ende ein in derselben Richtung bewegliches Lineal, dessen Drehungszapfen von dem des Armes denselben Abstand hat, wie die obere Kante der Theilscheibe. In demselben Abstande vom Drehungspunkte wird an der inneren Kante des Lineals eine Marke gemacht und die dazwischen liegende Strecke in 60 Theile getheilt: diese geben also, an der Kante der Scheibe abgelesen, die Sehne des Winkels zwischen der Achse der Scheibe und der Mittellinie des Armes. Versieht man noch den Arm mit zwei Lochvisiren und stellt die Scheibe wagerecht auf, so mißt man in dieser Weise Höhen. Das Lineal dient aber zugleich als Index für die Kreistheilung und giebt Azimuthe an; man hat also damit einen einfachen Theodoliten.

Unter der Scheibe befestigt Geber noch eine Platte mit einem Zapfen von gleicher Form und Stärke, wie der in ihre Büchse passende, aber um 23½° geneigt gegen diesen, und für diesen unteren, schrägen Zapfen richtet er zwei Ringe oder eine Büchse in umständlicher Weise mit Hülfe eines in Richtung der Erdachse gespannten Fadens auf einem festen Holzgerüst her. In dieser Büchse wird der untere Zapfen

[1]) Peter Bienewitz, gen. Apian, Leißnig 1495 — Ingolstadt 1552, Prof. math.

[2]) Nach Suter, (Suter, 119): Gâbir ben Aflah, Sevilla? — ca. 1145.

zur Polachse, und durch Drehung derselben kann die um 23½° geneigte Scheibe jederzeit in die Ekliptik gebracht werden. Die beiden Theilungen dienen dann zur Bestimmung von Breiten und Längenunterschieden. Bringt man aber, mit Hülfe einer nicht ganz verständlichen Construction (wie es scheint durch Auswechselung der Platte mit dem schrägen Zapfen durch eine andere mit rechtwinkligem Zapfen) die Scheibe in normaler Lage auf die Polbüchse, so kann man Declinationen und Rectascensionsunterschiede messen. — Das Ganze ist gut ausgedacht, hat aber in der Ausführung (die De Lambre übrigens bezweifelt) wohl manche Schwächen gehabt; besonders fand Geber es nöthig, die Holztheile zu versteifen, um Biegungen zu verhindern. Einen Namen giebt er seiner Erfindung nicht.

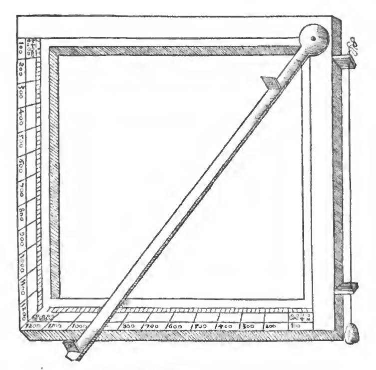
Nach diesem Rückblicke auf die Grundlagen, aus denen die neuere astronomische Beobachtungskunst erwuchs, gehen wir auf Purbach zurück.

3. Purbach, Regiomontan.

Purbach's Leben war voll Arbeit, die großentheils dem Studium des Almagest gewidmet war, und voll Unruhe durch Reisen, und so fand er wohl wenig Muße, sich in der Astronomie auch beobachtend zu bethätigen. Doch ist uns die Abbildung eines Instruments erhalten, das nach seinen Angaben, in den Theilungen vielleicht von ihm selbst, hergestellt worden ist **[Fig. 6]**. Es ist dies das »Quadratum geometricum« oder der »Gnomo geometricus«, über den er seine von J. Schoner[1]) veröffentlichten »Canones« (Scripta, 61) geschrieben hat, ein einfacher quadratischer Holzrahmen, an dessen einer Ecke ein mit zwei Lochvisiren versehenes, um einen Zapfen drehbares Lineal befestigt ist. Die beiden diesem gegenüberliegenden Seiten des Quadrats sind jede in 1200 gleiche Theile getheilt, an denen die Tangente des beobachteten Winkels nach der Kante des Lineals abgelesen wird. Nach einem Loth werden diese beiden Seiten senkrecht bzw. wagerecht eingerichtet.

Es ist auffällig, daß nicht ein Bogen mit Gradtheilung, wie bei den alten Instrumenten, angewandt wurde, und man ist versucht, anzunehmen, daß das gewählte Material dafür entscheidend war. Das Seitenmaaß ist nicht angegeben; da aber 1200 Theile aufgetragen werden sollten, so durfte es wohl nicht unter 1 ^{m} betragen, und dann war es nicht ganz leicht, ein so breites Brett, oder gar einen bloßen Bogen von Holz haltbar herzustellen. Die geraden, an den Enden zusammengefügten Seiten ließen am ehesten Unveränderlichkeit erwarten. Uebrigens sagt Purbach selbst, es sei besser, das Instrument von Metall zu machen. — Transversalen hat Purbach an seinem Quadrat nicht verwandt; sie sollen ihm aber bekannt gewesen sein, denn Scultetus[2]) sagt in seiner Schrift »Gnomonice«, Görlitz 1572 (B 2), daß Transversalen »vor zeiten in brauch »gehabt von Georgius Purbachius und Joh. Regiomontanus, in welcher ehren und ge»dechtniss wir denn auch denselben modum allhier beschreiben«. Nach Gassendi[3])

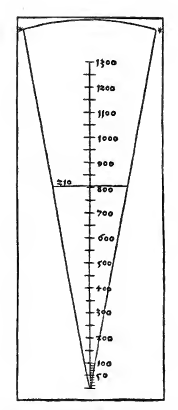
[1]) Johannes Schöner oder Schoner, Nürnberg 1477—1547.
[2]) Bartholom. Schultz, gen. Scultetus, Görlitz 1540—1614.
[3]) Pierre Gassendi, Champtercier bei Digne 1592 — Paris 1655, Prof. math.



Purbach's quadratum geometricum, um 1450,

nach Regiomontan's Scripta.

Fig. 7
(zu Seite 13).



Regiomontan's Stab zur Ausmessung der Cometen, um 1470,

nach Regiomontan's Scripta.

(Gass., 340) scheint Purbach neben dem Gnomo geometricus und einigen Globen andere Instrumente nicht besessen zu haben.

Eine größere beobachtende Thätigkeit konnte Regiomontan entwickeln. Er suchte, 35 Jahre alt, nach längerem Aufenthalte in Wien und Italien, 1471 Nürnberg auf, um dort den Druck seiner Manuscripte zu besorgen, und fand in dem wohlhabenden Freunde der Wissenschaft Bernhard Walther[1]) wesentliche Förderung seiner astronomischen Thätigkeit. Dieser ließ nach Regiomontan's Angaben Instrumente bauen und sein Haus für astronomische Beobachtungen herrichten, an denen er sich selbst betheiligte.

Es ist von Interesse, zunächst aus dem Anfange der Abhandlung Regiomontan's über das Torquetum (von 1472, veröffentlicht von J. Schoner, Scripta, 1) zu ersehen, welche von den damals bekannten Instrumenten er als die wichtigsten ansah. Er theilt sie in tragbare und feste. Als tragbare werden aufgeführt: ein »opus Albionis« (ein Kunstwerk aus England), von dem später zu reden ist, »Sphera solida« (der Himmelsglobus), »Aequatorium . . . ex quo errantium stellarum motus, luminarium configurationes et defectus colliguntur«, eine Tafel mit um das »centrum mundi« gezogenem, in 360° getheiltem Kreise als Himmels-Aequator, in welchem nach vorgeschriebenen Regeln die Oerter eines Planeten für bestimmte Zeitpunkte durch Zeichnung dargestellt wurden (J. Schoner, Index und XIII), »Saphea« (eine Abart des arabischen Astrolabiums, vgl. Sédillot, 182, 183, 188), »Astrolabium vulgare« (die Planisphäre), »Quadrans horarius« (die Sonnenuhr), »Cylindrus« (der Cylinder am Stabe des Archimedes), »ae caetera huiuscemodi«. Weiter werden noch genannt die Regula des Hipparch und die des Archimedes, »quibus ipse diametros luminarium permensus est«, vielleicht ist hier Archimedes' Stab mit Scheibe gemeint. — Als feste Instrumente werden erwähnt: Ptolemaeus' »Astrolabium annulare«, dessen »Regula magna« (d. i. parallactica), »reliquaque duo instrumenta, quorum et fabricam et usum in exordio magnae constructionis (des Almagest) tradidit« (d. i. die Armilla solstitialis und der große Quadrant). Das ist so ziemlich die ganze Reihe der früher besprochenen griechischen Werkzeuge, dazu noch die arabische Saphea und das am Anfange als opus Albionis bezeichnete. Aus dieser Benennung als Kunstwerk aus England läßt sich schließen, daß es Regiomontan neu, daß es ihm etwa durch Zufall und ohne Namensbezeichnung aus England zugekommen war. Nun giebt er weiterhin in den Scripta die Beschreibung und schematische Darstellung eines Instruments, für das er ebenfalls keinen Namen hat, sondern als dessen Bestimmung er die Messung des scheinbaren Durchmessers eines Cometen angiebt **[Fig. 7]**. Es ist ein etwa $2{,}5^{m}$ langer Stab, in möglichst viele gleiche Theile eingetheilt, auf dem ein kleinerer Querstab mit zwei gleich langen Armen zu verschieben ist. An jedem Ende des Querstabes und an dem einen Ende des langen Stabes sind zugespitzte Stifte als Visire angebracht. Beim Gebrauch hält man das Auge nahe hinter diesen letzten Stift und verschiebt dann den Querstab, bis seine beiden Visire die beiden Punkte decken, deren Abstand gemessen werden soll. Die gegenseitige Entfernung der beiden Stifte, dividirt durch den Abstand ihrer Verbindungslinie vom ersten Stift, ist gleich der doppelten

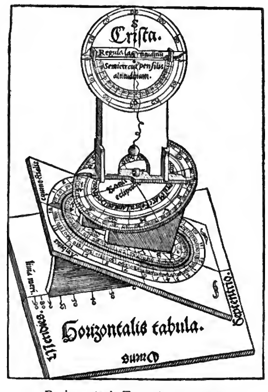
[1]) Bernhard Walther, Nürnberg 1430—1504.

Tangente des halben gemessenen Winkels. Das ist aber das alte, als Jakobstab oder »Baculus Jacob« bekannte Seefahrerwerkzeug. Günther[1]) verfolgt ihn unter diesem Namen bis 1342 (Günther, 63). Suter[2]) scheint ein von ihm erwähntes arabisches Astrolabium »mit zwei Aesten« von ca. 850, das zu Distanzmessungen diente (Suter 25, 48), nicht für einen Vorläufer des Jakobstabes zu halten. Es bleibt indeß wahrscheinlich, daß er sich weiter verfolgen ließe; denn er ist offenbar aus dem Stabe des Archimedes hervorgegangen; man hat nur, als es sich darum handelte, den Abstand zweier Punkte, statt des Durchmessers einer Scheibe, zu messen, den Cylinder am Stabe mit zwei Armen (oder auch nur einem) versehen, weil sie bequemer waren; sie wurden, je nach den zu messenden Abständen in verschiedenen Längen benutzt. Schoner nennt ihn im Titelblatt seiner Opera mathematica »Baculus astronomicus«, Gemma Frisius[3]) 1545: »Radius astronomicus«. Es liegt nahe anzunehmen, daß der Jakobstab in England als nautisches Instrument gebräuchlich war, daß er Regiomontan als solches bekannt wurde, und ihm, dem Binnenländer, um so mehr fremd und neu erschien. Aber er lernte ihn schätzen, und nach Günther (S. 21) ist es wahrscheinlich, daß er durch seinen Schüler Behaim[4]) zur Einführung des Jakobstabes in die portugiesische Marine Veranlassung gegeben hat.

In Regiomontan's Schrift über das Torquetum (Scripta, 1) wird dieses bezeichnet als »Machina collectitia Gebri Hispalensis, industrie admodum contexta, quippe quae »omnia Ptolemaei instrumenta iocundo quodam compendio mirifice complectitur. . . . »Huic spectabili machinae Torqueto nomen jam pridem fuit«. Danach versteht man nicht, wie Bailly (1, 689) und auch Wolf[5]) (§ 386) Regiomontan als Erfinder des Torquetums hinstellen konnten, obgleich sie beide die Scripta anführen.

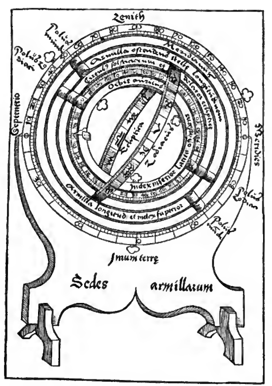
Regiomontan giebt der Beschreibung seines Torquetums eine Zeichnung bei, die allerdings von Geber's Construction in der Erscheinung sehr abweicht **[Fig. 8]**. Auf der horizontalen Grundplatte ist, dem Aequator parallel, die Aequinoctialplatte befestigt, auf die ein in 360° und 2 × 12 Stunden getheilter Kreis (Stundenkreis, ambitus aequinoctialis) gezeichnet ist. Concentrisch dazu dreht sich eine innerhalb der Theilung liegende Scheibe mit einem Index, auch in 360° getheilt und mit dem Thierkreise versehen. Auf dieser Scheibe ist unter dem Winkel der Neigung der Ekliptik ein anderer Theilkreis (rotula ecliptica) mit 360°, Thierkreis und Monatsring festgelegt; um dessen Mitte dreht sich ein Aufbau mit einer zur Kreisplatte rechtwinklig stehenden, die Breite anzeigenden Theilscheibe und daran drehbar die »regula latitudinum« mit zwei Indices in 180°, zwei Ohren (auriculae) für die Lochvisire und einem »semicirculus altitudinum«, an dem ein vom Mittelpunkte herabhängendes Loth in der Meridianlage Höhen anzeigt. Der wesentliche Unterschied zwischen Geber's und Regiomontan's Ausführung besteht darin, daß jene Zapfen-, diese Flächendrehungen aufweist. — Mit Hülfe dieses Apparates läßt sich eine Reihe von Aufgaben lösen: man kann z. B. den Ort eines Gestirns nach Länge und Breite, oder umgekehrt nach Länge und Breite die Zeit, die größte Tageshöhe der Sonne, die Länge des Tagesbogens bestimmen.

[1]) Siegmund Günther, Nürnberg 1848, Prof. geogr. München.
[2]) Heinrich Suter, Hedingen bei Zürich 1848, Prof. math. Aarau.
[3]) Rainer Gemma, gen. Gemma Frisius, Dockum in Friesland 1508 — Löwen 1555, Prof. med.
[4]) Martin von Behaim, Nurnberg 1436? — Lissabon 1507.
[5]) Rudolf Wolf, Fällanden bei Zürich 1816 — Zürich 1893.



Regiomontan's Torquetum, um 1470,

nach Regiomontan's Scripta.



Regiomontan's Astrolabium armillare, um 1407,

nach Regiomontan's Scripta.





Regiomontan's Astrolabium, um 1470,
nach Ghillany.

Im Anschluß an das Torquetum giebt Regiomontan (Scripta, 21) noch eine Beschreibung der Ptolemaeischen Armillensphäre mit einer Zeichnung, die nicht hübsch, aber vollständiger ist, als die Halma's **[Fig. 9]**. Es fehlt hier der äußere bewegliche Ring, der auch entbehrlich war; dagegen hat das Ganze die bei Halma fehlende Aufstellung, und zwar in einem Meridianringe, der auf dem Fuß in Polhöhe drehbar ist.

Als Instrumente, die Regiomontan selbst unter Walther's Beihülfe vor 1472 ausführen ließ, nennt Gassendi (S. 357—8): »Regulas astronomicas« für Höhenmessungen, besonders der Sonne, also das parallaktische Lineal, dann »quem Rectangulum, Radiumve Astronomicum vocant« (der Jakobstab) für Sternabstände, drittens »Armillare astrolabium« und »Armillas Alexandrinas«, wie von Hipparch und Ptolemaeus benutzt; endlich kleinere Instrumente, wie das Torquetum und »Ptolemaei Meteoroscopium«. Damit übereinstimmend, sagt Doppelmayr[1]) (S. 6—9): Regiomontan habe verschiedene große messingene Instrumente mit eigner Hand hergestellt, »die zum mechanisiren sehr geschickt war«, und er habe eine wohl eingerichtete »officina fabrilis« gehabt.

Nach Günther's »Mathem. Sammlung des German. Museums«, 1878, S. 3/4, befinden sich in Nürnberg ein großes Quadrat nach Purbach und ein Astrolabium, die er für Erzeugnisse der Werkstatt Regiomontan's hält. Das Letztere soll eine ziemlich plumpe Nachbildung eines arabischen Originals sein, und es wäre nicht zu verwundern, wenn die Nürnberger Instrumente ihre Urbilder noch nicht erreicht hätten. Denn sie waren wohl erste Versuche, bei denen selbst geschickte Hände Lehrgeld zahlen mußten. Ghillany[2]), in seiner »Geschichte Behaims«, Nürnberg 1853, theilt (S. 40) mit, daß die Nürnberger Stadtbibliothek noch (1853) Astrolabien aus der Werkstatt Regiomontan's besitzt, und giebt die Abbildung eines solchen von 1468 **[Fig 10]**. Es hat 0,21 m Durchmesser, ist mit einem besonderen Zeiger über der Alidade, mit einem Rete und einer stereographischen Himmelsprojection versehen. Ueber das Astrolabium, wie es weiterhin ausgebildet wurde, giebt u. A. Stofler[3]) ausführliche Anweisung in seiner zuerst 1510 in Tübingen erschienenen, später mehrfach neu aufgelegten und nachgedruckten »Elucidatio fabricae ususque astrolabii«.

Es darf nicht unbeachtet bleiben, daß Bernhard Walther, dessen bereitwilliges Eintreten für die wissenschaftlichen Bedürfnisse Regiomontan's schon hervorgehoben wurde, sich auch als Astronom ausgezeichnet hat, indem er Uhren zur Zeitmessung verwandte, und zwar 1484, 8 Jahre nach dem Tode seines Lehrers Regiomontan, also selbständig (Snellius, Coeli et siderum . . . obs. Hass., acc.: Regiomontani et Walteri obs. Noriberg., Lugd. Bat. 1618, S. 32). Er benutzte eine Gewichtuhr, die gut regulirt war, so daß sie von Mittag bis Mittag nicht abwich. Die Zeit wurde abgelesen nach Umgängen eines Rades, das einen Umlauf in einer Stunde vollendete (rota horaria), und nach den 56 Zähnen desselben; z. B. wird ein Umgang und 35 Zähne zu $1^h\ 37^m$ berechnet. Diese unbequeme Einrichtung läßt vermuthen, daß die Uhr nicht zur fortlaufenden Zeitangabe, sondern nur für die Messung von Zeitintervallen bestimmt war, wie denn auch bei dem oben erwähnten Beispiele die Uhr erst bei

[1]) Johann Gabriel Doppelmayr, Nürnberg 1671—1750, Prof. math.

[2]) Friedr. Wilhelm Ghillany, Erlangen 1807 — Starenberg 1876.

[3]) Johann Stofler oder Stoffler, auch Stoffler, Blaubeuren 1452—1531, Prof. math. Tübingen.

Eintritt des erwarteten Phänomens durch Anhängen des Gewichts in Gang gesetzt wurde (»et in eodem instanti appendi pondus horologio«). De Lambre (B, 339) meint »il paraîtrait que c'est à l'horloge subsidiaire, qui était alors immobile, qu'il a attaché »ce poids qui l'a mise en mouvement«. Ueber den Regulator der Uhr ist nichts angegeben; aber der damals gebräuchliche Balancier, der abwechselnd auf die eine und die andere Seite eines Kronrades fiel und durch dessen Impulse in Bewegung gehalten wurde, hätte wohl kaum durch einfaches Anhängen des Gewichts die Uhr in Gang kommen lassen. Bei dem damals hochentwickelten Stande der Uhrmacherkunst in Nürnberg ist es daher nicht unwahrscheinlich, daß man dort schon vollkommenere Regulatoren kannte. Doppelmayr berichtet (S. 286) von dem Uhrmacher Peter Hele (oder Henlein), der »wegen der Sackuhren, die er bald nach 1500 mit subtilen Rädern »aus Stahl am ersten in Nürnberg verfertigte, überall vor einen großen Künstler ge»halten« wurde. Er nennt (S. 287) auch Andreas Heinlein, einen »Kunstschlosser; war »wegen der kleinen Uhrwerke, die er in die zu seiner Zeit gebräuchliche Bisam»knöpffe, als einer von den Ersten, machte, in guter Renommée«. Was diese Leute in kleinem Maaßstabe auszuführen verstanden, werden sie vorher in größeren, für Versuche bequemeren Verhältnissen hergestellt haben; vielleicht auch für Walther's Uhr. — Es ist auch zu beachten, daß Gemma Frisius 1530 in seiner Schrift »De principiis astronomiae et cosmographiae« vorschlägt, Längendifferenzen durch tragbare Uhren zu ermitteln. Er sagt (D 3): »Nostro saeculo horologia quaedam parva affabre »constructa videmus prodire quae ob quantitatem exiguam proficiscenti minime oneris »sunt«; man wird danach annehmen dürfen, daß von ähnlichen Uhren, wie oben, die Rede ist.

4. Copernicus, Apian.

Sehr wenig ist von den Hülfsmitteln bekannt, die der große Reformator Copernicus[1]) für seine Beobachtungen gebraucht hat.

Nach Gassendi gab Copernicus Anleitung für die Herstellung eines im Meridian aufzustellenden Quadranten für Sonnenhöhen; ganz nach Ptolemaeus. Die Beobachtungen sollten nach dem Schatten eines im Mittelpunkte vorspringenden Cylinders gemacht werden. Gassendi bezweifelt aber, daß Copernicus selbst an einem solchen Quadranten beobachtet habe.

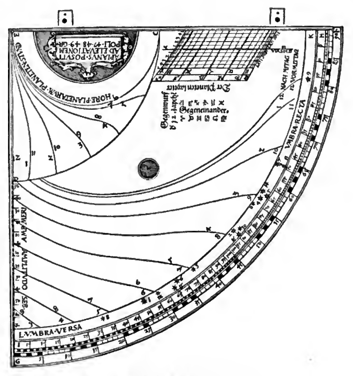
Dagegen soll er, und zwar wahrscheinlich mit eigner Hand, ein parallaktisches Instrument aus Tannenholz hergerichtet und benutzt haben, das im Azimuth drehbar war. Der längere Arm war mit Dinte in 1414 Theile getheilt, der kürzere, von 4 e Länge, umfaßte 1000 dieser Theile.

Daß Copernicus Armillen benutzt habe, hält Gassendi nicht für erwiesen, da er darüber nichts angegeben habe; sicherer könne man annehmen, daß Copernicus einen Radius astronomicus besessen habe (Gass., 298/9). — Mehr giebt auch Prowe[2]) nicht in seinem Werke »Nicolaus Copernicus, Berlin 1833/4«.

[1]) Nicolaus Copernicus, Thorn 1473—Frauenburg 1543.

[2]) Leopold Friedrich Prowe, Thorn 1821—87.





Apian's Quadrant, um 1530,

nach Apian's Instrument Buch.

Fig. 12
(zu Seite 17).



Apian's Meßstab, um 1530,

nach Apian's Instrument Buch.

Etwa aus derselben Zeit liegt eine Reihe von Constructionen oder Entwürfen von Apian vor, die z. Th. selbständige Eigenthümlichkeiten zeigen. Er wendet sich wieder dem Quadranten zu, benutzt aber eine kleine Form für den Handgebrauch. In seinem »Instrument Buch, Ingolstadt 1533« finden sich vier Ausführungen, für 41—43, 44—46, 47—49 und 50—52° Polhöhe; »was weyter gegen Mitternacht gelegen ist . . . sollen sich »gebrauchen der gemainen Instrument die hiernach volgen in diesem Buch« (Apian, C 2) **[Fig. 11]**. Die Vorderseite des Quadranten zeigt am Rande concentrische Bögen, von deren Mittelpunkte ein Loth herabhängt; eine der radialen Endflächen trägt zwei Visire. Der äußerste Bogen ist in Grade getheilt, für Höhenmessungen. Ein innerer Bogen, der in der Mitte, bei 45°, die Zahl 100 zeigt und nach beiden Enden im Maaße der Tangenten nach 0 verläuft, ist als »Scala altimetra, Meßlayter« bezeichnet (Apian, A 5), die eine Hälfte als »Umbra recta«, die andere als »Umbra versa«, wie bei den Schattenquadraten der Astrolabien; diese Ausdrücke unterscheiden hier die Fälle, wo tang. der Höhe kleiner oder größer als 1 ist. Im Uebrigen enthält das innere Feld der Vorderfläche Curven, an denen die Tagesstunden und der Stand der Planeten abzulesen ist, und eine »Planetenlaytter« (Apian, B 1). Zu den Ablesungen genügt aber in vielen Fällen nicht der Lothfaden allein; er trägt noch zwei kleine Perlen, die mit Reibung darauf gleiten und dazu bestimmt sind, zunächst an einer Stelle eingerichtet zu werden und dann erst an einer anderen Stelle als Index zu dienen. Für die Benutzung werden ausführliche Vorschriften gegeben, zuletzt die für Höhenmessungen, die allein das Instrument zu einem rohen Meßwerkzeuge machen. Hier wird indeß auch der Fall berücksichtigt, daß in Wasserflächen reflectirte Bilder eingestellt werden. — Die Rückseite des Quadranten hat eine kreisrunde Vertiefung, umgeben von einer Stundentheilung; dahinein passen vier Scheiben, die die Monate mit Tagestheilung, den Thierkreis, die 16 hellsten Fixsterne und einen Ring zur Ablesung der goldenen Zahl zeigen. Kleinere Scheiben tragen Indices (Apian, B 1 ff.). — Das Ganze ist aus Holz und Pappe zusammengeleimt.

Für die nördlichen Polhöhen, für welche diese Quadranten nicht ausreichen, »zw nutz der gantzen christenhait, und beynahendt der gantzen welt«, giebt Apian (Apian, H 4 ff.) einen anderen Quadranten, im Quadrat, mit Theilung zweier Seiten wie Purbach's Quadratum geometricum. Der Lothfaden hängt aber nicht in einer festen Bohrung, sondern am Ende eines Gelenkarms, so daß er nach einer besonderen kleinen Tafel für jede Polhöhe eingestellt werden kann, um eine Anzahl ähnlicher Aufgaben zu lösen, wie die anderen Quadranten. — Diese kunstvollen Projectionen mit complicirten Ablesevorrichtungen sind in Apian's »Astronomicum Caesareum, Ingolstadii 1540« und dem »Folium populi, 1533«, noch weiter ausgebildet.

Im Instrument Buch folgt ein Quadratum geometricum nach Purbach (Apian, L 1) und der »Meßstab, deßgleichen vormals nit gesehen« (Apian, N 1 ff.), der aber nichts Anderes ist, als das einfache Werkzeug, dessen Regiomontan sich für Cometenbeobachtungen bediente, ein Jakobstab in einfachster Form **[Fig. 12]**. Er ist später von Gemma Frisius (De radio astronomico et geometrico, Antv. 1545), Metius[1]) (Primum mobile, Amst. 1633) und Anderen weiter ausgebildet worden.

[1]) Adriaan Metius, Alkmaar 1571 — Franeker 1635.

In seiner »Introductio geographica« (S. L 4) giebt Apian noch eine Nachbildung von Regiomontan's Torquetum in etwas anderer Form **[Fig. 13]**. Sie unterscheidet sich von diesem durch den »semicirculus pendens«, einen um zwei dünne Zapfen durch eigenes Gewicht senkrecht hängenden Breiten-Halbkreis, vor dem das Loth angebracht ist.

Bei Joh. Schoner finden wir neben Aequatorien (J. Schoner, XIII) und anderen Tafeln, großentheils astrologischen Inhaltes, Anweisungen zum Baue eines Torquetums (J. Schoner, IX) und eines Radius astronomicus (J. Schoner, X), beide nach Regiomontan, sowie eines parallaktischen Lineals (J. Schoner, XI) nach Ptolemaeus, die nichts Neues bieten.

Ein wesentlicher Fortschritt der messenden Astronomie war mit solchen Werkzeugen nicht möglich, die weder durch ihre Maaße, noch durch die Genauigkeit, welche mit den benutzten Materialien zu erreichen war, Vertrauen erwecken konnten.

Das Verdienst, nicht allein erkannt zu haben, daß ein Fortschritt nur durch systematisch und mit möglichster Genauigkeit durchgeführte Beobachtungen zu erreichen war, sondern auch thatkräftig Hand angelegt zu haben, um Mittel dazu herzurichten, gebührt dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen.

5. Wilhelm IV., Landgraf von Hessen.

Der Landgraf, im Jahre 1532 geboren, wandte sich frühzeitig der Astronomie mit ernstem Interesse zu, zog um 1560 A. Schoner[1]) auf einige Zeit heran, stellte Eberhard Balduin als »mechanicus« an und beobachtete selbst von 1561 bis 1567, vermuthlich auf dem 1561 erbauten und damals mit einem drehbaren Dach versehenen Thurme des Zwehrener Thores in Cassel. Durch den Tod seines Vaters wurde er dann genöthigt, die Regierung des Landes zu übernehmen. Es scheinen die astronomischen Arbeiten infolge dessen einige Zeit geruht zu haben, aber durch Tycho Brahe's[2]) Besuch 1575 wieder belebt worden zu sein; denn 1577 wurde Christoph Rothmann[3]) als Beobachter, 1579 Joost Bürgi[4]) als Hofuhrmacher angestellt Als Rothmann 1590 fortging, um Tycho zu besuchen, und nicht zurückkehrte, übernahm Bürgi auch die Beobachtungen. 1592 starb der Landgraf. (M. C. **12**, 267 ff., A. Schoner, Gnomonice 1562, Vorrede und LXXXIX^b, Wolf, Gesch. 266 ff.)

Ueber die Instrumente Wilhelm's von Hessen liegen nur ungenügende Nachrichten vor. Nach Gassendi (S. 28) fand Tycho 1575 auf dem Thurm in Cassel einen Quadranten, ein Torquetum und andere aus Messing gearbeitete astronomische Werkzeuge vor; Bailly (**1**, 372) sagt, der Landgraf habe Armillen, Quadranten, ein Torquetum und Sextanten nach Tycho benutzt, etwa dasselbe giebt Zach[5]) (M. C. **12**, 277). — Da, wie man weiß, der Landgraf in verschiedenen Azimuthen beobachtete, so muß der von ihm benutzte Quadrant azimuthal drehbar gewesen sein Ein solches Instrument

---

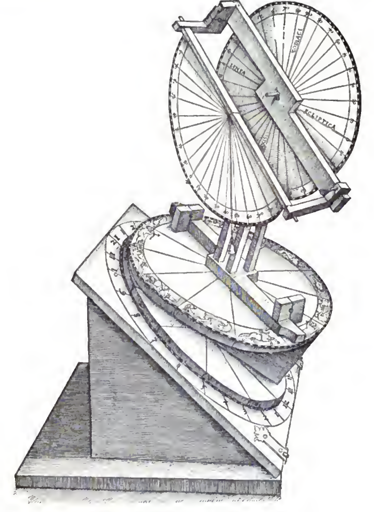
[1]) Andreas Schoner, Nürnberg 1528 — Cassel? 1590.

[2]) Tycho Brahe, Knudstrup bei Helsingborg 1546 — Prag 1601.

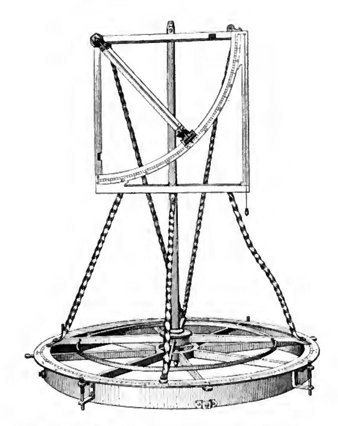
[3]) Christoph Rothmann, Bernburg 1550? — 1605?

[4]) Joost Bürgi, Lichtensteig 1552 — Cassel 1632.

[5]) Franz Xaver von Zach, Preßburg 1754 — Paris 1832.



Apian's Torquetum, um 1530,
nach Apian's Introductio geographica.



Quadrant des Landgrafen Wilhelm von Hessen, um 1560,
nach Cöster & Gerland.

von 0,40 m Radius befindet sich noch jetzt auf dem alten Beobachtungsthurm in Cassel; es wird hergebrachterweise als Azimuthal-Quadrant von Tycho Brahe bezeichnet (Gerland, 12). Gerland[1]) sagt aber, es lasse sich durch nichts beweisen, daß es von Tycho herstamme; eine gewisse Constructionsähnlichkeit mit Tycho's Apparaten sei nicht zu verkennen, aber man müsse eine weniger vollkommene Ausführung (ohne Transversaltheilung) zugeben, und er sei einstweilen der Meinung, daß der Quadrant nach tychonischem Vorbilde von einem minder geschickten Mechaniker hergestellt worden sei. Bei der eigenthümlichen Form aller Quadranten wird eine Aehnlichkeit von Exemplar zu Exemplar immer auffallen; viel weiter ist sie hier aber kaum zu verfolgen. Das charakteristische umschließende Quadrat findet sich auch bei Tycho's »Quadrans magnus azimuthalis«, aber die senkrechte Drehungsachse und der Azimuthalkreis sind grundverschieden. Will man aber doch weitere Aehnlichkeit finden, so kann eine Uebertragung eher vom Landgrafen auf Tycho angenommen werden, als umgekehrt; nicht nur der 14 Jahre betragende Altersunterschied der beiden Männer läßt das vermuthen, sondern das Casseler Instrument selbst ist auch wegen des Fehlens der Transversalen als älter anzusehen, als dasjenige Tycho's. Und es ist thatsächlich nichts im Wege, Gerland's Annahme dahin auszudehnen, daß wir in dem in Cassel vorhandenen Quadranten das 1561—7 vom Landgrafen zur Herstellung seines ersten, von ihm selbst und allein beobachteten Sternkatalogs benutzte Instrument vor uns sehen (M. C. **12**, 278). Schoner (A. Schoner, LXXXIX^b, XCIII) hat zwar zwischen 1559 und 1562 sowohl den Landgrafen, als auch Eberhard Balduin an einem fünffüßigen (vermuthlich hölzernen) Quadranten beobachten sehen, das schließt aber keineswegs aus, daß er auch den kleinen metallenen besessen, oder um die Zeit hat anfertigen lassen. Ein Einfluß Tycho's oder gar Bürgi's auf dieses Instrument ist völlig ausgeschlossen, solange nicht etwa nachgewiesen wird, daß es wesentlich jüngeren Ursprungs ist; denn 1561 war Tycho 15, Bürgi 9 Jahre alt.

Es ist freilich ein anspruchsloses Werk **[Fig. 14]**. Der Radius des Bogens, wie auch des Azimuthalkreises ist 0,40 m, der Bogen ist auf 10', der Kreis von 1° zu 1° getheilt, beide sind von Messing. Der rohe Index, von dem Gerland spricht, kann ja wohl vor mehr als 300 Jahren besser gewesen sein; überdies wurde die gröbere Theilung durch die Beobachtungsmethode des Landgrafen, die mehrfache Höhenmessungen bei verändertem Azimuth vorschrieb, großentheils unschädlich gemacht. Im Uebrigen gewinnt man bei einem Vergleiche mit den Instrumenten Tycho's keineswegs den Eindruck, daß diese im allgemeinen besser gearbeitet wären. Eine Versteifung der senkrechten Führungsstange des Quadranten ist zweckmäßig durch fünf Streben gegen die auf dem Kreise schleifenden vier Arme bewirkt. Es wäre nur zu wünschen, daß diese Streben wieder gerade gerichtet würden; ihr gegenwärtiger Zustand zeugt von sehr schlechter Behandlung. Von Interesse sind übrigens die Stellschrauben im Fuße, die vielleicht hier zuerst auftreten.

Rothmann benutzte (V. J. S. **22**, 362 f.) einen Sextanten aus Stahl mit Messingbogen von $r = 4^f$, durch Transversalen auf Minuten abzulesen; das Ocularvisir stand im Mittelpunkte; der Sextant war drehbar um ein altazimuthales Doppelgelenk. Weiter benutzte er einen Azimuthal-Quadranten aus Messing, von einem Quadrat

[1]) Ernst Gerland, Cassel 1838.

umschlossen; der Azimuthalkreis hat einen Durchmesser gleich einer Seite des Quadrats, die Theilung ist wie die des Sextanten, drei Fußschrauben dienen zum Einrichten; endlich wird eine Secundenuhr erwähnt. Diese späteren Instrumente scheinen nicht erhalten zu sein. Bei ihnen mag sich ein Einfluß Tycho's neben dem Bürgi's, der sie doch wohl ausführte, geltend gemacht haben, besonders seit (1580) Paul Wittich[1]) in Cassel gewesen war, ein Schüler Tycho's, der mit den Instrumenten auf Hveen genau bekannt geworden war, Tycho dann gegen dessen Wunsch verließ und nicht zurückkehrte (Gass., 50, 66). Tycho erfuhr 1586, der Landgraf habe nach Wittich's Angaben einen Quadranten ganz von Messing, auf die Minute abzulesen, und einen Sextanten von 2e herstellen lassen. Auch verschiedene Visire soll Wittich in Cassel eingeführt haben. Es wird vielleicht hier, wie auch sonst öfter, auf die Visire zu viel Werth gelegt; je nach dem Object verlangt das eine Auge ein solches, das andere ein anderes, und so lange die Oeffnungen der Platten nur symmetrisch zur Absehlinie stehen, wird keines unbedingt vorzuziehen sein.

Nach Gerland (S. 8) mit einiger Wahrscheinlichkeit auf Bürgi zurückzuführen ist ein kupfernes Planisphärium mit dem hessischen, »Wilhelm etc. 1584« umschriebenen Wappen. Es hat 205 mm Durchmesser, einen sechseckigen Rand und 18 mm Dicke. Die beiderseitigen Vertiefungen dienen nicht als mater, da das Instrument nur für eine bestimmte Polhöhe (51° 15') eingerichtet, demnach die Projection der Himmelslinien unmittelbar auf die zurückliegende Fläche gezeichnet ist. Es fehlt auch die Spinne und der astrologische Apparat.

Eine in der Casseler Sammlung erhaltene Armillensphäre, die wahrscheinlich aus des Landgrafen Zeit stammt (Gerland, 18), hat dadurch besonderes Interesse, daß sie aus Tycho's Werkstatt hervorgegangen zu sein scheint. Sie ist eingerichtet für etwa 57° Polhöhe (Hveen 56°, während Cassel nur 51⅓° hat) und unterscheidet sich von früheren durch die Haltung an einem auf vier Stützen ruhenden horizontalen Ringe und einem auf besonderen Füßen gehaltenen ersten Vertical. Sie hat aber mit den Armilleninstrumenten Tycho's wenig Aehnlichkeit und könnte vielleicht auch als Geschenk des Landgrafen für Tycho bestimmt gewesen, aber nicht zur Ablieferung gelangt sein.

Ueber das Torquetum und den tychonischen Quadranten, von denen Bailly spricht, ist nichts bekannt, leider auch nichts über die Uhren, deren sich der Landgraf bediente, seitdem er, nach Bernhard Walther's Vorgange, die Zeit als Beobachtungselement eingeführt hatte. Er scheint vorzugsweise eine tragbare Uhr benutzt zu haben, denn er schreibt (M. C. **12**, 288) an Tycho von gewissen Sternen, die er habe »nicht »allein per distantiam inter se et altitudinem meridianam lassen observiren, sondern »durch unser Minuten- und Secunden-Ührlein, welches gar gewisse Stunden geben »und a meridie in meridiem oftmahls nicht eine Minute verirret«. Sehr möglich, daß die Nürnberger Sackuhren (oben S. 16), die bald nach 1500 erschieneu, um 1580 noch nicht mehr leisteten. Aber wenn Wolf (§ 122) bemerkt, die Sackuhren hätten nur Stunden gezeigt, so konnte es bei Ausführung in größerem Maaßstabe keine Schwierigkeit haben, auch Minuten, selbst Secunden, anzuzeigen; denn der Regulator muß eine kurze Schwingungszeit gehabt haben, und man brauchte daher

[1]) Paul Wittich, Breslau 1555?—1587.

nur die schon vorhandenen schneller laufenden Achsen mit Zeigern zu versehen. Hätte dagegen, wie Wolf annimmt, Bürgi schon eine Pendeluhr gehabt, so durfte man von dieser mehr Genauigkeit verlangen. Denn das Pendel ist ein so vortrefflicher Regulator, daß mit einer Pendeluhr, die einmal geht, Besseres als »oftmahls nicht eine »Minute« Abweichung für den Tag nicht schwer zu erreichen sein konnte.

Es sei noch erwähnt, daß Balduin den fünffüßigen Quadranten des Landgrafen in eigenthümlicher Weise zur Bestimmung der Meridianlinie benutzte. Er hängte an dem Quadranten ein Loth auf, verzeichnete vormittags bei einer bestimmten Sonnenhöhe den Schatten des Fadens durch eine Punktreihe, wiederholte dies Verfahren nachmittags bei derselben Sonnenhöhe und zog zwischen beiden Punktreihen eine Mittellinie. Er wollte damit die Unsicherheit in der Beobachtung des Schattenendes eines Stylus vermeiden (A. Schoner, LXXXIX[b]).

Die Sternwarte des Landgrafen von Hessen ist die erste Sternwarte im mittleren Europa gewesen, die auf größerem Fuße eingerichtet war und auf der durch eine Reihe von Jahren mit Eifer und in bestimmter Richtung gearbeitet worden ist. Der dort entstandene Sternkatalog ruht aber unbearbeitet im Casseler Archiv, das jetzt nach Marburg überführt worden ist. — In den Instrumenten hat sich unter der Leitung des Landgrafen Wilhelm der Uebergang von der Holz- zur Metallconstruction in größeren Maaßen vollzogen, und der Azimuthal-Quadrant ist eine Neuerung, die an sich für Meridianbeobachtungen nicht nothwendig und kaum wünschenswerth erscheint, aber doch wohl den Uebergang zu solchen wesentlich gefördert hat, indem er durch Beobachtungen in der Nähe des Meridians (M. C. **12**, 288) allmählich zu den eigentlichen Meridianbeobachtungen hinüberführte, die jetzt die Grundlage aller strengen Ortsbestimmungen am Himmel bilden.

Unter den Nachfolgern des Landgrafen Wilhelm wurde die Sternwarte erhalten, auch gelegentlich durch neue Instrumente bereichert; die wissenschaftliche Thätigkeit indeß trat mehr und mehr zurück. Noch zu Lebzeiten des Landgrafen Wilhelm aber, und gefördert durch seine warme Fürsprache, entstand in Dänemark die neue und großartig angelegte Pflegestätte der Astronomie unter dem Schutze des Königs Friedrich II. und der Leitung Tycho Brahe's.

6. Tycho Brahe.

Das erste von Tycho Brahe benutzte Instrument war ein Jakobstab, den er sich während seiner Studien in Leipzig 1563 machen ließ und den sein Freund Scultetus nach Hommelius[1]) Angaben in punktirten Transversalen theilte (Gass., 7). Als Tycho dann nach weiteren Studien in Wittenberg und Rostock 1569 sich einige Zeit in Augsburg aufhielt und mit den dort ansässigen Brüdern Joh. Baptist und Paul Heinzel bekannt wurde, ließ er auf deren Wunsch einen großen Quadranten herstellen, ganz von Holz, doch mit

[1]) Johannes Hommelius, Memmingen 1518 — Leipzig 1562.

Messingreif von ca. 6 m Halbmesser[1]) mit Theilung »secundum formam usitatam«, d. h. nach dieser auch bei andern Instrumenten in Tycho's Mechanica üblichen Ausdrucksweise: in punktirten Transversalen, die nach einem vom Mittelpunkt herabhängenden Metallfaden mit Loth auf zehn Secunden abzulesen gewesen sein soll (Brahe, E 5b) **[Fig. 15]**. Es wurden Lochvisire benutzt, für Sonnenbeobachtungen »adhibito prae»sertim canali quodam oblongo, ut lumen solis eo minus in aere disparetur, atque »exactius intra limites circuli discerneretur«. Der Quadrant war an einem senkrechten Eichenbalken befestigt, der am unteren Ende abgedreht war und in einem schweren Gerüst azimuthal verstellt werden konnte, ohne Ablesung. Er stand unter freiem Himmel und war nach einigen Jahren unbrauchbar.

Tycho ließ in Augsburg auch einen Reisesextanten machen, den er »Instrumentum pro distantiis« nennt (Brahe, E 2) **[Fig. 16]**, einen großen Zirkel mit Holzschenkeln von etwa 1,6 m Länge, die Enden verbunden durch einen metallenen 30°-Theilbogen, der mit dem einen Ende fest, mit dem andern gleitend verbunden war. Durch eine lange Schraube in 0,7 m Abstand vom Drehungspunkte konnte der Zirkel mehr oder weniger geöffnet werden. Ueber dem Drehungspunkte, zunächst dem Auge, und an den Schenkelenden sind Visire, über die Näheres nicht gesagt wird, wie auch über die Theilung nicht. — Das war gewiß ein für damalige Zeit zweckmäßiges Werkzeug, in der Idee der Regula parallactica verwandt, vielleicht aber nicht eben mehr leistend. Neu ist die Stellschraube zum Gebrauch bei der Beobachtung. — Ein ähnliches Instrument benutzte Tycho später mit fester Aufstellung, als Höhenmesser **[Fig. 17]**.

Gegen Ende 1569 reiste Tycho über Ingolstadt, um Apian zu sehen, nach Hause und fand bei seinem Onkel Steen Bille Raum und Gelegenheit, seine astronomischen Studien neben chemischen fortzusetzen, kam aber 1575 wieder nach Deutschland

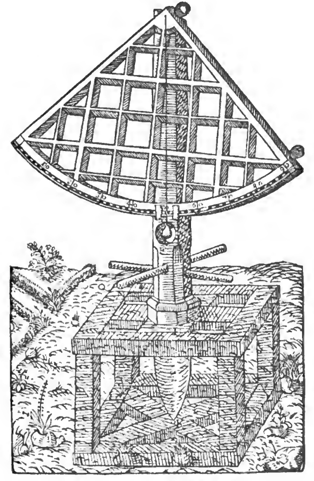
[1]) Ueber Tycho's Maaßangaben herrscht einige Unsicherheit, die auch d'Arrest (A. N. 72, 209 ff.) nicht ganz gehoben hat. Tycho giebt das Außenmaaß (ambitus) der Umwallung der Uranienborg zu 300 Fuß an. Picard (Picard, 70) will ca. 290 par. F. statt jener 300 gemessen haben und ist damit zufrieden, da er dänische Fuße für Tycho's Zahl annimmt und das Verhältniß der beiden Maaßeinheiten wie 720 : 701. D'Arrest aber fand 1868 für die Mitten der Wälle 234,7 par. F. Abstand und hätte 20 F. für die Breite der Wallsohle hinzulegen sollen, um auf das Außenmaaß zu kommen. Immerhin blieb ein beträchtlicher Unterschied unerklärt. D'Arrest konnte aber noch das von Tycho für eine Ringmauer als 9 cubitus angegebene Maaß mit den Trümmern vergleichen und fand danach 1 cubitus Tycho's = 15 $^1/_{10}$ par. Zoll (= 409 mm).

Es ist nun wohl anzunehmen, daß Tycho nicht ein neues Maaß geschaffen, sondern mit dem Namen auch das System aus altromischer Zeit übernommen hat, das sich auf dem digitus, den Tycho auch benutzt, als Einheit aufbaut, und zwar (Romé de l'Isle, Metrolog. Tafeln, Braunschweig 1792, Taf. 1, s. auch Bailly 1, 515):

1 digitus	= 0,642 par. z =	17,4 mm
1 palmus = 4 dig.	= 2,568 par. z =	69,5 mm
1 pes geometricus = 16 dig.	= 10,272 par. z =	278,0 mm
1 cubitus = 1 $^1/_2$ pes g.	= 15,408 par. z =	417,0 mm

Dann wären 300 p. g. = 83,4 m gegen d'Arrest's 254,7 par. F. = 82,8 m. Die Uebereinstimmung ist durchaus befriedigend, und man wird bei Tycho 1 cub. = 417 mm, 1 F. = 278 mm annehmen dürfen. Es bleibt leider die kaum abzuweisende Annahme bestehen, daß Picard es mit dieser allerdings unwichtigen Messung wenig genau genommen hat. In Tycho's Grundrissen ist aber das Verhältniß cubitus : pes sehr wechselnd; es scheint viel nach dem Augenmaaß gezeichnet worden zu sein. Hevel, der seine Maaße in Fußen angiebt und sie mehrfach mit denen Tycho's vergleicht, rechnet dabei 1 cub. = 1 $^1/_2$ pes (z. B. Hevel, 115, 123), also ebenfalls nach altromischem Maaß.

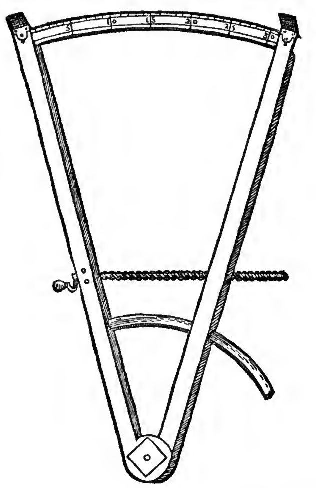
QVADRANS MAXIMVS QVA-
LEM OLIM PROPE AUGUSTAM VINDE-
licorum exſtruximus.



1569. Nach Tycho's Mechanica 1602.

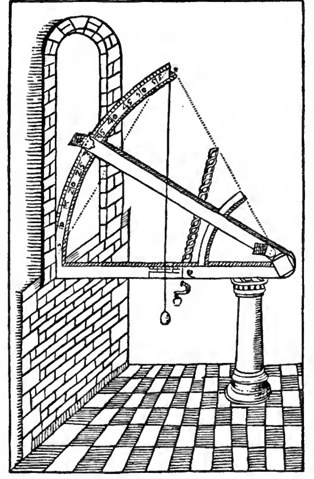


INSTRVMENTVM pro diftantiis.



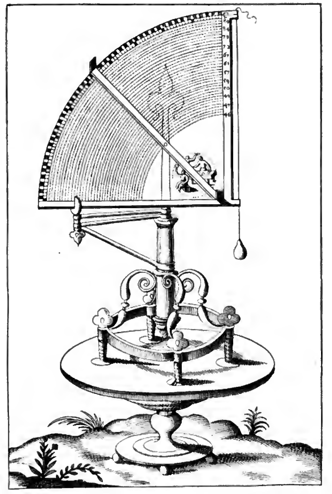
1569. Nach Tycho's Mechanica 1602.

INSTRVMENTVM EIVSDEM VT ALTITUDIBUS CAPIENDI INſerviat diſpoſitio.



Nach Tycho's Mechanica 1602.

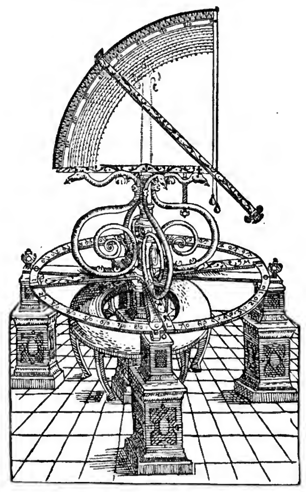
QVADRANS MINOR
ORICHALCICUS INAURATUS.



Um 1576. Nach Tycho's Mechanica 1602.



QVADRANS MEDIOCSIS
ORICHALCICUS AZIMUTHALIS.



Um 1577. Nach Tycho's Mechanica 1602.

(Gass., 28). Er verlebte bei der Gelegenheit zehn Tage in Cassel, um des Landgrafen Sternwarte kennen zu lernen. Sie beobachteten mit einander und hatten lebhaften astronomischen Verkehr. — Auf der Rückreise sah Tycho in Wittenberg das von Praetorius[1]) benutzte Ptolemaeische Lineal und den von Erasmus Reinhold[2]) hinterlassenen Holz-Quadranten, den, obgleich von beträchtlich größerem Halbmesser, er indeß dem des Landgrafen nicht gleichstellte — Er war erstaunt, hier keine besseren Instrumente anzutreffen (Gass., 31).

Als nun nicht lange nach Tycho's Rückkunft (1576) der König Friedrich II. von Dänemark, auf des Landgrafen von Hessen Empfehlung hin, Tycho die Insel Hveen zur Herrichtung einer Sternwarte aus königlichen Mitteln überließ, entstand dort eine der Wissenschaft gewidmete Anlage von bisher unerhörter Opulenz. Der Grundstein wurde im August 1576 gelegt (Gass., 34). Uns interessiren hier nur die Meßinstrumente, deren Mehrzahl in der Reihenfolge der »Astronomiae instauratae Mechanica 1602« hier aufgeführt wird. Man findet auch sehr saubere Nachbildungen in den Mém. Par. von 1763, Ausgabe Paris; sie geben aber nicht Alles wieder.

1. Kleiner Quadrant von vergoldetem Plattenmessing, (Brahe, A), $r = 0{,}42$ m, Theilung auf 5' mit Ablesung nach Nonius[3]), d. h. an 44 inneren, dem äußersten von Grad zu Grad getheilten Quadranten concentrischen 90°-Bögen, von denen aber der erste nur in 89, der nächste in 88 Theile getheilt war, und so fort bis zum innersten mit 46 Theilen, (1542 veröffentlicht in der Schrift »De crepusculis«) **[Fig. 18]**. Die Ablesung,die übrigens Tycho nicht genügte, geschieht an der Kante der Alidade, die zwei Lochvisire und am Ende eine Klemme trägt. — Es wird bei jeder Stellung der Alidade die Kante sehr nahe einen der Theilpunkte der vielen Bögen durchschneiden. Wenn dies der *n*. Punkt des in *a* Theile zerlegten Bogens ist, so erhält man also die Ablesung: $n \cdot \frac{90^0}{a}$. Die Unzweckmäßigkeit dieser Art der Ablesung bespricht De Lambre (B, 402). Er weist nach, wie ungleichmäßig der Quadrant durch die 44 Bogentheilungen getheilt wird, wie schwer oft die Wahl zwischen den bestzutreffenden Punkten sein kann, und wie groß die übrigbleibenden Fehler sind. Er macht auch darauf aufmerksam, daß das Alidaden-Lineal sehr genau geradlinig sein muß, und hätte noch hervorheben sollen, daß die Theilungen nach Primzahlen sehr schwierig sind. — Die Fläche des Quadranten wird nach dem Loth eingerichtet, ebenso der Nullpunkt. Der mit Schnörkeln versehene Fuß ruht mit vier Stellschrauben auf dem Fundament. Der Quadrant ist für Höhenmessungen geringerer Schärfe, auf 2'—3', bestimmt. Die Visire zeigen Schlitze (rimulae) und Löcher (foramina), das Augenvisir ist im Mittelpunkte.

2. Mittelgroßer Azimuthal-Quadrant (Brahe, A 2^b), $r = 0{,}64$ m, aus Plattenmessing **[Fig. 19]**. Neben der Nonius-Ablesung, über die Tycho auch hier als schwierig und ungenügend klagt, ist am Rande auch die bei ihm übliche Transversaltheilung eingeführt, die gleichfalls an der Kante der Alidade abzulesen ist. Er giebt von der Anordnung derselben eine besondere Abbildung **[Fig. 20]**, in der weder die Transversalen noch die Bögen ausgezogen, sondern nur die Schnittpunkte angegeben sind.

[1]) Johann Richter, gen. Praetorius, Joachimsthal 1537 — Altdorf 1616.

[2]) Erasmus Reinhold, Saalfeld 1511 — 1553.

[3]) Pedro Nuñez, gen. Nonius, Alcazar de Sal 1492—Coimbra 1577, Prof. math.

Er berechnet den Fehler, den er dadurch begeht, daß er die Transversalen am Bogen gerade annimmt, statt in der richtigen Curve, findet ihn zu höchstens 3" und vernachlässigt ihn (Brahe, I 2[b]). Uebrigens bemerkt Tycho hier: »Hanc (divisionem) Lipsiae in adolescentia didici, rectilineis quidam Parallelogrammis«; er brauchte sie also nicht, wie Wolf in seiner V. J. S. **18**, 112 meint, wiederzuerfinden. Die Alidade besteht der größeren Haltbarkeit wegen aus Stahl und ist vergoldet zum Schutz gegen das Rosten. Die Visire sind von besonderer, Tycho eigener Art (Brahe, I 2[b]) **[Fig. 21]**. Sie bestehen aus zwei gleichen viereckigen Platten; die dem Auge nahe trägt an drei Seiten von dünnen Stäben gehaltene Schirme, so daß drei parallele Schlitze (rimulae) entstehen, deren Weite übrigens (vielleicht durch Trieb und Zahnstangen) gemeinschaftlich verändert werden kann. Da die vierte Seite, der Alidade wegen, nicht in gleicher Weise zugängig ist, hat Tycho hier an jedem der beiden Visire einen mehr zur Mitte gerückten Schlitz angebracht und kann den unteren in besonderer Art enger oder weiter machen. Man visirte nun durch die vier Augenschlitze zu den entsprechenden Kanten des vorderen Visirs und auf den Stern, visirte also in vier nahezu parallelen Ebenen ringsum, und Tycho glaubt so eine möglichst genaue und centrale Einstellung zu erreichen. Das obere Visir war noch mit einem Loch in der Mitte für Sonnenbeobacbtungen versehen; man brachte den Lichtschein mit den vier Kanten des unteren Visirs möglichst zur Deckung. — Tycho verwendet aber gelegentlich auch Cylinder und Stifte als Visire.

Die Alidade ist am unteren Ende verlängert, zur bequemeren Handhabung und als Gegengewicht; eine rückwärts am Quadranten schleifende Feder macht überdies die Bewegung gleichmäßig und sicherer.

Der Quadrant wird getragen von einer senkrechten Röhre, die unten in vier horizontale, auf dem eisernen Azimuthalkreise gleitende Arme ausläuft. Der Kreis ist auf einem starken Kreuze befestigt, das mit vier Stellschrauben auf vier Steinpfeilern ruht. Quadrant und Kreis geben einzelne Minuten.

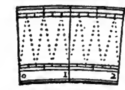
Tycho bemerkt hier gelegentlich, daß zur Herstellung seiner Instrumente durch Pferde und Wind getriebene Drehbänke benutzt worden sind.

3. Ein anderer Azimuthal-Quadrant (Brahe, A 4[b]), $r = 0{,}63^{m}$, der Leichtigkeit wegen aus Messing-Gitterwerk gebaut, über einem gegossenen Azimuthal-Messingkreise **[Fig. 22]**; Ablesung durch Transversalen auf 1'; im Ganzen dem vorigen ähnlich, doch besser construirt. Tycho bezeichnet ihn als tragbar.

4. Astronomischer Sextant von ca. 1578 (Brahe, A 5[b]), besonders für Höhenmessungen, deshalb an einem Holzstativ senkrecht aufgestellt **[Fig. 23]**. Der Sextant ist aus Messing (Guß und Platten) so zusammengesetzt, daß er leicht zerlegt werden kann; er hat $r = 1{,}67^{m}$ und ist mit Transversalen getheilt. Die Alidade trägt oben, am hochstehenden Mittelpunkte, als Visir einen Cylinder, nahe dem Auge (und dem Bogen) aber zwei Schlitze, deren Abstand dem Durchmesser des Cylinders gleich ist. — Tycho beklagt sich, daß ihm dieser Sextant wiederholt nachgemacht worden sei, und bezicht dies besonders auf Wittich.

5. Der Mauer-Quadrant von 1587 (Brahe, B), Tycho's Hauptinstrument und in der Ausschmückung mit seinem eignen Bildnisse in Lebensgröße für ihn sehr charakteristisch **[Fig. 24]**. Er hat $r =$ ca. 2^{m}, ist von Messing gegossen und abzulesen

Fig. 20
(zu Seite 23).



Nach Tycho's Mechanica 1602.

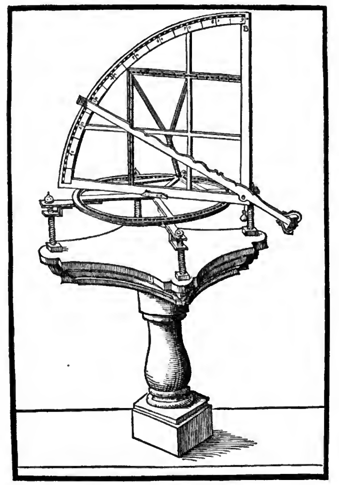
Fig. 21
(zu Seite 24).



Nach Tycho's Mechanica 1602.

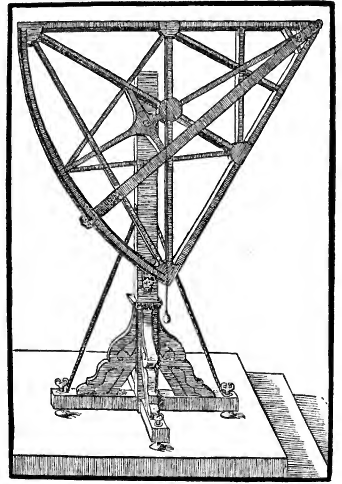


QVADRANS ALIVS ORICHAL
CICUS ETIAM AZIMUTHALIS.



Um 1577. Nach Tycho's Mechanica 1602.

SEXTANS ASTRONOMICVS,
PROUT ALTITUDINIBUS
inſeruit.



Um 1577. Nach Tycho's Mechanica 1602.

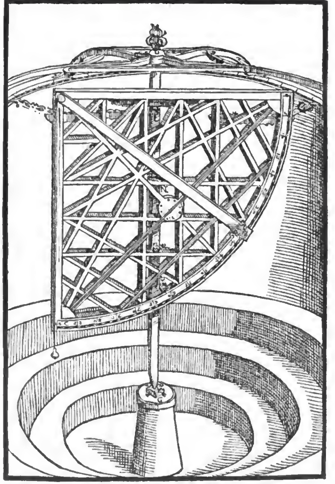


QVADRANS MVRALIS
SIVE·TICHONICUS.



1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.

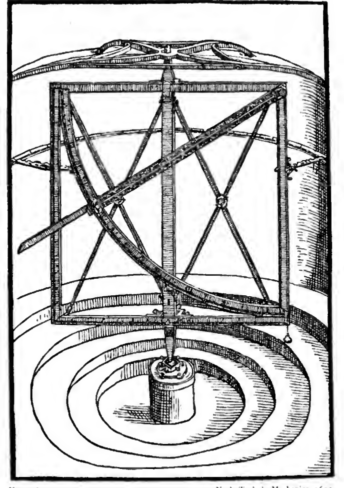
QVADRANS VOLVBILIS
AZIMUTHALIS.



Um 1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.



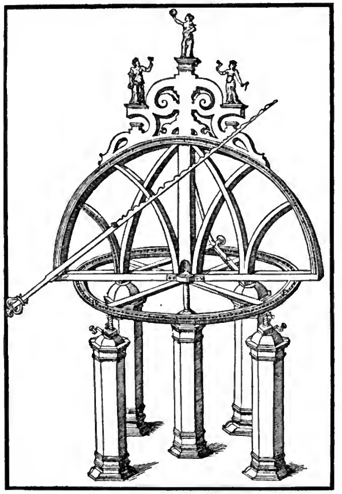
QVADRANS MAGNVS CHALIBEUS, IN QUADRATO ETIAM CHALIBEO compræhenſus unaq; Azimuthalis.



Um 1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.



SEMICIRCVLVS MAGNVS
AZIMUTHALIS.



Um 1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.

durch Transversalen. Er ist unmittelbar an einer Mauer befestigt und hat keine Alidade; es gleiten vielmehr nur an dem nach unten liegenden Bogen zwei Augenvisire, während oben ein vergoldeter Cylinder in einer Maueröffnung befestigt ist, von gleichem Durchmesser wie die Visirplatten, die in Tycho's Art mit Parallelplatten versehen sind. Man soll innerhalb 10" gemessen haben.

Neben dem Quadranten stehen vier Uhren, welche Minuten und Secunden genau angeben, »quod licet difficulter praestetur, tamen adhibita requisita diligentia quodam »modo obtineri potest«. Deshalb sind immer mindestens zwei Uhren in Gebrauch. Die größte Uhr hat drei Räder, deren größtes (von Messingguß) 1200 Zähne hat und 0,83 m im Durchmesser hält. Wegen der Einrichtung der Uhren wird auf später vertröstet; es findet sich aber weiter nichts in der Mechanica.

6. Um Endzapfen drehbarer Azimuthal-Quadrant (Brahe, B 2^b), $r = 2,5$ m, mit Transversalen auf $^1/_4$ Minute abzulesen **[Fig. 25]**. Starke Gitterconstruction aus Eisen; doch sind der Theilbogen und sonst einige Theile mit Messing belegt; der Bogen hängt nach unten und trägt eine Alidade mit Cylinder und Schlitzvisir. Er ist im Schwerpunkte an einer langen, eisernen, senkrechten Welle befestigt, die am unteren Ende ihr Lager auf einem Pfeiler findet, oben aber an einem eisernen Strebewerke, welches auf der Wand des Beobachtungsraumes errichtet ist; auf der Wand ist auch ein getheilter Reif befestigt, an dem vermittelst zweier Indices das Azimuth abzulesen ist. Das Instrument steht unter einer auf vier Rollen laufenden Drehkuppel mit langen Fenstern, die zu öffnen sind. Die Kuppel ragt nur wenig über dem Erdreiche hervor, da der Beobachtungsraum vertieft (in einer »Crypta«) liegt, zum Schutze gegen die Winde. Die meisten der größeren Instrumente waren derartig vertieft aufgestellt, wie auch die Zeichnung erkennen läßt.

7. Großer Azimuthal-Quadrant aus Stahl (Brahe, B 4), $r = 2,0$ m **[Fig. 26]**. Der nach unten hängende, für die Theilung mit Messing belegte und auf 10" abzulesende Bogen ist von einem Quadrate umgeben (wohl um größere Festigkeit zu erhalten), das nach Art des Quadratum geometricum getheilt ist, aber selten abgelesen wurde. Die Aufstellung ist ähnlich der vorigen.

8. Großer Azimuthal-Halbkreis (Brahe, B 5^b), $r = 2,5$ m **[Fig. 27]**. Die Alidade des Höhenhalbkreises dreht sich nicht um den Mittelpunkt, sondern am Ende des horizontalen Durchmessers, um kleinere Theilungswerthe zu bekommen; wie die Theilung, deren Mittelpunkt im Drehungspunkte der Alidade, also excentrisch liegt, hergestellt worden ist und abgelesen wird, ist leider nicht angegeben; dagegen ist bemerkt, daß der Halbkreis mit drei farbig decorirten Figuren geschmückt ist. Der eiserne Azimuthalkreis hat 2,5 m im Durchmesser, ein eingelegtes Kreuz hält einen senkrechten festen Mittelzapfen, um den sich der Halbkreis dreht; im Uebrigen ruht und gleitet er auf dem Horizontalkreise und wird auch durch rückwärts angebrachte Streben dorthin abgestützt und gehalten. Der Kreis ruht auf vier Fußschrauben, die durch eine aufgesetzte Zahnscheibe mit eingreifender Schraube ohne Ende (cochlea perennis nuncupata) bewegt werden, eine Feinheit, für die ein Bedürfniß wohl nicht vorlag. Es sei noch bemerkt, daß ein Loth in dem mittleren hohlen Theile des Halbkreises aufgehängt ist. — Auch dieses Instrument ist mit einer Drehkuppel überdeckt.

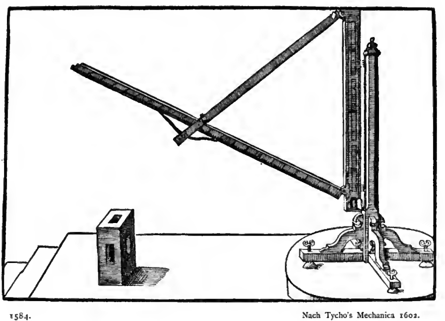
9. Ein Parallaktisches Lineal für Höhen (Brahe, C), das alte Ptolemaeische Organon

parallaktikon, aus Holz gebaut, weil auch Copernicus Holz für ein ähnliches Instrument verwandt und dieses mit eigenen Händen gearbeitet hatte **[Fig. 28]**. Der zum Visiren dienende Schenkel hat 1,7 m Länge, der untere ist so lang, daß man bis zum Horizonte messen kann; er führt sich an dem Visirschenkel in einem Schlitze und wird durch eine Feder hoch gehalten; er trägt auch die Theilung zur unmittelbaren Messung der Sehne, während Ptolemaeus die Theilung an dem senkrechten Holze hatte. Die von Copernicus benutzten Lochvisire sind durch je zwei parallele Schlitze ersetzt. Das Ganze ist an einem Ständer befestigt und mit vier Stellschrauben versehen zur Einstellung nach einem Lothe, das in einer Höhlung des senkrechten Schenkels hängt. Tycho hebt die Stellschrauben und die Feder unter dem Maaßstabe als Verbesserungen hervor. — Der Apparat diente zu Distanzmessungen nahe dem Zenith, wurde aber wenig benutzt.

10. Parallaktischer Stab (Brahe, C 2b), für Höhen und Azimuthe bestimmt **[Fig. 29]**; dementsprechend ist der senkrechte Schenkel am Ende einer horizontalen Grundbahn von 3,5 m Länge errichtet, die sich innerhalb einer Ringmauer von 5 m Durchmesser derart dreht, daß ihr äußeres Ende auf einem dort angebrachten Metallringe mit Theilung schleift, der Drehungspunkt aber in einem senkrechten, im Mittelpunkt des Mauerringes von dem Fußboden aufragenden Zapfen liegt. Der senkrechte Schenkel besteht aus einem langen Rahmen, der mit dem unteren Ende an der Grundbahn befestigt und durch zwei bogenförmige Streben in 90° versteift ist. Innerhalb des Rahmens bewegt sich um ein Gelenk am Ende der Grundbahn der Visirschenkel von 1,75 m Länge, der an seinem oberen Ende durch ein Zugseil bewegt wird, seine sichere Höhenlage aber durch einen dritten mit Gelenk angeschlossenen, ebenfalls 1,75 m langen Schenkel erhält, der mit seinem unteren Ende auf der Grundbahn schleift. An dem oberen Gelenke hängt ein Loth, nach welchem eine auf der Oberfläche der Grundbahn angebrachte Transversaltheilung abzulesen ist, auch trägt der aufschleifende Schenkel einen Index. Das Seil geht über eine Rolle auf dem senkrechten Rahmen, so daß es dem durch die Visire sehenden Beobachter zur Hand ist. Das Azimuth wird an einer Theilung auf der Ringmauer abgelesen. — Das Ganze ist in Messing ausgeführt.

11. Zodiakal-Armillensphäre (Brahe, C 4); im Wesentlichen nach Ptolemaeus, doch vereinfacht **[Fig. 30]**. Der eiserne Meridianring von 1,95 m Durchmesser läßt sich nach seiner Theilung in einem festen Gestelle auf Polhöhe einstellen. Der nächste Reif trägt den Ekliptikring und hält zugleich, gegen dessen Polachse um 23½° versetzt, ein durchgehendes Rohr, um das der Breitenring zweckmäßige Führung hat. Der innere Ring, der bei Ptolemaeus die Visire trägt, fehlt; die (vier) Visire gleiten am Breitenringe selbst. Auch fehlt der äußere, sich um die Ekliptikpole drehende Reif; dagegen sind auch am Ekliptikring vier Visire gleitend angebracht. Die Ringe sind von Messing gegossen (bis auf den Meridian) und tragen auf den überdrehten Flächen Gradtheilungen mit Transversalen. — Zur Beobachtung sind zwei Personen erforderlich: die eine hält nach einem bekannten Stern den Ekliptikring in der Ekliptik, während die andere zwei Visire dieses Ringes auf den unbekannten Stern richtet und abliest, dann den Breitenring in die gefundene Länge bringt, auch daran den unbekannten Stern einstellt und abliest. Man erhält also Breiten- und Längendifferenzen.

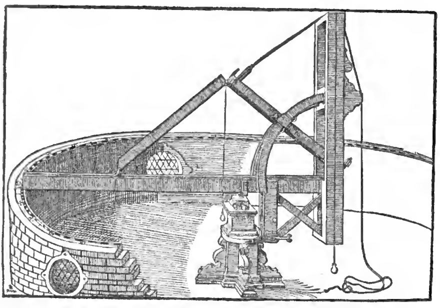
INSTRUMENTVM PARALLATICVM SIVE Regularum.



1584. Nach Tycho's Mechanica 1602.



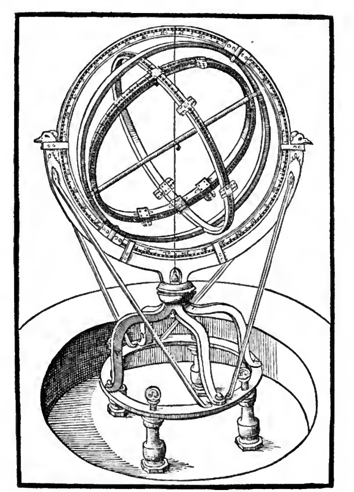
PARALLATICVM ALIVD, SIVE
REGULÆ TAM ALTITUDINES QUAM
Azimutha expedientes.



Um 1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.

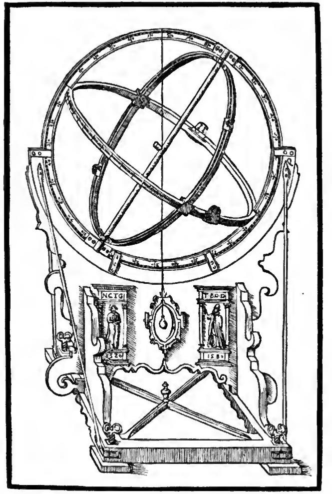


ARMILLÆ ZODIACALES.



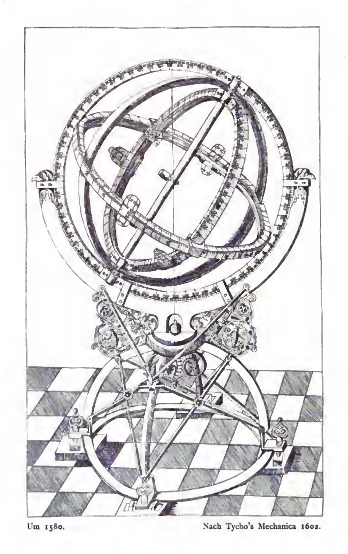
Vor 1570. Nach Tycho's Mechanica 1602.

ARMILLÆ AEQVATORIÆ.



1580. Nach Tycho's Mechanica 1602.

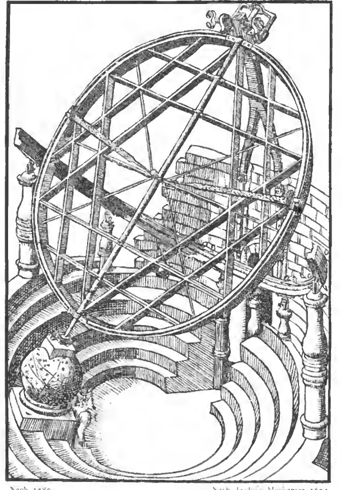
ARMILLÆ ALIÆ AEQVA TORIÆ.



Um 1580. Nach Tycho's Mechanica 1602.



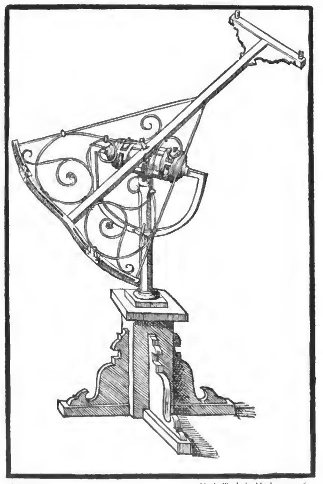
ARMILLÆ AEQVATORIÆ MAXIMÆ, SESQVIALTERO CONSTANTES circulo.



Nach 1580 Nach Tycho's Mechanica 1602



ARCVS BIPARTITVS MINO-
RIBUS SIDERUM DISTANTIIS
inſerviens.



Um 1590. Nach Tycho's Mechanica 1602.

Uebrigens genügt für jede Einstellung auch ein Visir, da jedes mit zwei parallelen Schlitzen versehen ist, deren Abstand dem Durchmesser des Polrohres gleich ist, und dieses daher als zweites Visir dienen kann; für die andere Richtung thut ein in der Mitte des Rohres angebrachter kurzer Quercylinder gleichen Durchmessers dieselben Dienste. — Tycho ist, obgleich die Größe des Apparats die Beobachtung wesentlich erleichtert haben muß, mit demselben wenig zufrieden; er muß in der That schwierig zu benutzen gewesen sein. — Tycho schreibt hier irrthümlich das Torquetum den Arabern oder Chaldäern (uti existimo) zu und sagt, daß es »in planis superficiebus »circularibus idem praestat, quod prius in armillis«. Er hat selbst ein solches Instrument bauen wollen, hat sich aber überzeugt, daß es bei genügender Größe zu schwerfällig geworden sein würde.

12. Aequatorial-Armillensphäre (Brahe, C 5^b^) **[Fig. 31]**. Das Fußgestell mit Meridianring, 1,6 ^m^ im Durchmesser, ist dem vorigen ähnlich. Der Meridianring enthält als Polachse wieder ein Rohr mit Quercylinder, um das ein Declinationsring drehbar ist, während ein Stundenring am Meridian befestigt ist. Der Meridian ist von Eisen, die andern beiden Ringe bestehen aus Fichtenholz und werden je durch einen starken Messingreifen, der auch die Theilung trägt, verstärkt und zusammengehalten.

13. Zerlegbare Aequatorial-Armillensphäre (Brahe, D) **[Fig. 32]**. Aehnlich der vorigen, doch mit drehbarem Aequatorring, der deshalb durch einen besonderen, rechtwinklig zum Declinationsringe stehenden Reifen versteift wird. Die beiden Theilkreise sind ringsum mit Messing bedeckt. Das Ganze ist aus Stahl gebaut und kann leicht zerlegt werden.

14. Große Aequatorial-Armillensphäre (Brahe, D 2^b^) **[Fig. 33]**, eine durchaus eigenartige Vereinfachung des Armillen-Instruments. Es sind nur der Declinationskreis und ein halber Stundenkreis übrig geblieben. Der Declinationskreis hat 2,9 ^m^ Durchmesser, ist aus Eisen in zweckmäßiger Versteifung durch eingefügte Sehnen und Radien hergestellt und mit einem diametral durchgehenden Eisenrohr als Polachse fest verbunden. Dieses trägt wieder in der Mitte einen aufrecht stehenden Cylinder, der in Verbindung mit am Umfange gleitenden und durch Radien geführten Schlitzvisiren zum Einstellen dient. Der Kreis ist in 4′ getheilt. Der Unterbau besteht aus einem in ringförmigen Stufen aufsteigenden Mauerwerke, das im Süden das tiefliegende untere, im Norden, auf einem hohen Eisenträger, das obere Lager der Polachse hält. Acht am Rande des Mauerwerks aufgestellte Steinsäulen tragen den 3,75 ^m^ großen, ganz mit Messing überzogenen Stunden-Halbkreis; ein darauf gleitendes Visir mit Schlitzen zeigt den Stundenwinkel, wenn man den Stern zu beiden Seiten der Polachse sieht; sie liegt so weit vor der Fläche des Declinationskreises, daß man dahinter weg visiren kann.

15. Doppelbogen, Arcus bipartitus, (Brahe, D 4), für kleinere Sternabstände, für die sich der Radius astronomicus nicht als ausreichend erwiesen hat **[Fig. 34]**. Es sollen zwei Beobachter gleichzeitig einstellen können. Es ist deshalb ein 1,7 ^m^ langer, leichter Balken an jedem Ende mit einem Querkopfe versehen, von denen der eine zwei Cylinder in ca. 0,6 ^m^ gegenseitigem Abstande, der andere aber zwei Bogentheilungen trägt, die aus den beiden Cylindern mit demselben Radius beschrieben sind, so daß die Cylinder und die Visire der Bögen in den Mittelstellungen zwei einander parallele Abseh-

linien bilden; für jeden Beobachter eine. Der Balken wird von einem säulenartigen Stative in etwas complicirter Weise gehalten. Er ist mit Reibung um eine Welle drehbar, die in der Mittellage horizontal liegt, aber nach beiden Seiten um 90° geneigt, also bis zur senkrechten Stellung gebracht werden kann; außerdem läßt der Kopf sich azimuthal um die Säule drehen.

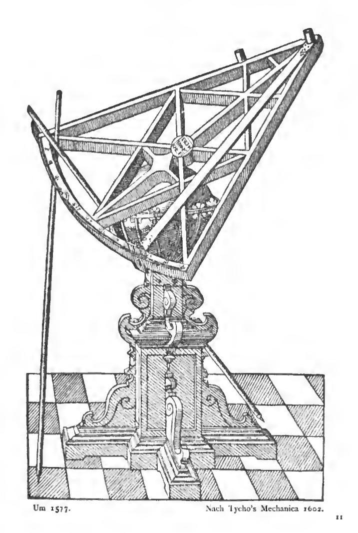
16. Astronomischer Sextant für Abstände (Brahe, D 5[b]). Der Sextant ist aus Holz gebaut und hat 1,7 m Schenkellänge **[Fig. 35]**. Die Theilfläche ist Messing und hat eine 4°-Theilung mit Transversalen, in deren Mittelpunkte ein Cylindervisir steht. Die Alidade trägt ein Schlitzvisir und kann am Rande des Sextanten festgeklemmt werden. Ein zweites Schlitzvisir steht fest am Ende der Theilung. Auch hier ist auf zwei Beobachter gerechnet; beide visiren denselben Cylinder ein. Für kleine Distanzen ist noch durch einen zweiten, excentrischen Cylinder und Versetzung des festen Schlitzvisirs um etwa 15° gesorgt, so daß die feste Absehlinie und die Alidade in paralleler Lage genügenden Abstand behalten. Von den schon besprochenen Sextanten unterscheidet sich dieser durch eine frei bewegliche Aufstellung an einer ca. 0,6 m großen Kugel, die unter dem Sextanten befestigt ist und in einer den Kopf des Stativs bildenden Schale ruht. Man bediente sich zweier Holzstäbe, um den Sextanten in richtiger Lage gegen den Fußboden abzustützen. Tycho rühmt das Instrument als bequem und für sicheres und schnelles Beobachten wohl geeignet.

17. Stahl-Sextant, von einem Beobachter für Abstandsmessungen zu benutzen (Brahe, E) **[Fig. 36]**. Ein Zirkel von ca. 1,3 m Schenkellänge aus Eisen, mit Schraube u. s. w., ähnlich dem 1569 in Augsburg ausgeführten. Er ruht mit einem Charnier auf dem Stativ und wird am unteren Ende, beim Cylindervisir, noch durch eine Klammer an einem dem Charnier annähernd concentrischen Bogen gehalten, der wieder durch ein loses Gelenk mit dem Stativ verbunden ist. Tycho hat dieses Instrument 1575 mit in Deutschland gehabt; denn während die Vorrede der Mechanica 1598 geschrieben ist, bemerkt Tycho hier »a nobis ante annos circiter 24, cum Germaniam transiremus, in juven»tute factum est«. Damit scheint nicht recht zu stimmen, daß er auf der nächsten Seite von demselben Sextanten schreibt: »hunc sextantem, cum apud me anno 1580 vidisset »P. Witichius insignis mathematicus Vratislaviensis eum postmodum ill. Principi Gu»lielmo Hassiae etc. aperuit, qui per suum artificisum automatopaeum tale mox in»strumentum confici curavit«, denn der Sextant war ohne Zweifel in Cassel schon bekannt.

18. Großer Stahl-Quadrant im Quadrat (Brahe, F), ist im unteren Theil ganz ähnlich Fig 27, im oberen Fig. 26, nur liegt dort der Drehungspunkt der Alidade oben, hier unten **[Fig. 37]**.

Damit ist Tycho's Vorrath noch nicht erschöpft; er spricht, ohne Zeichnungen oder nähere Beschreibung zu geben, noch von einer Reihe von Instrumenten, die er »in »promptu« habe; es sind dies besonders (Brahe, F 2 ff.): ein »Sextans bifurcatus« für zwei Beobachter, aus brasilianischem Holze, $r = 1{,}7$ m, ein Halbkreis für große Abstände, von 2,5 m Durchmesser, ein Radius astronomicus nach Gemma Frisius, von Walter Arscenius ausgeführt, 1,27 m lang, der Leichtigkeit wegen aus einer Messingröhre von dreiseitigem Querschnitt gearbeitet, ein »Annulus astronomicus«, $r = 0{,}2$ m, ebenfalls von Arscenius, eine »Armilla portatilis«, für gelegentliche Beobachtungen, von 1,25 m Durchmesser, ein Astrolabium nach Stoffler — Bei der Herstellung der Gebäude und

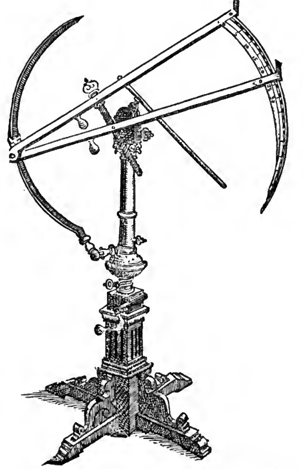
SEXTANS ASTRONOMICVS TRIGONICVS PRO DISTANTIIS rimandis.



Um 1577. Nach Tycho's Mechanica 1602.



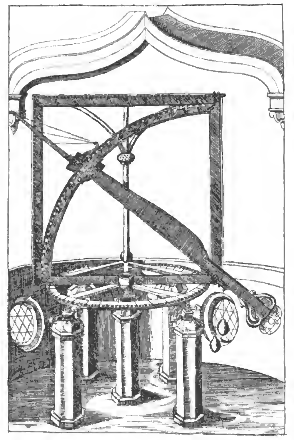
SEXTANS CHALYBEVS PRO
DISTANTIIS PER UNICUM OBSERVATO-
rem dimitiendus.



Vor 1577. Nach Tycho's Mechanica 1602.



QVADRANS MAXIMVS CHALIBEVS QUADRATO INCLUSUS, ET HORIZONTI AZIMUTHALI CHALYBEO INSISTENS.



Um 1587. Nach Tycho's Mechanica 1602.

Instrumente hatte Tycho nach Gassendi (Gass., 37) sehr brauchbare Mitarbeiter an dem Baumeister Johann von Emden, dem Goldschmied Johann Crolius und dem Maler Johann von Antwerpen.

Uebersieht man Tycho's ganze Sammlung, so findet man zunächst von den bekannten alten Instrumenten die Armillen-Sphären wieder, mit einigen Verbesserungen durch Vereinfachung; besonders ist die durchgehende Polachse mit dem kleinen Cylinder ein guter Gedanke; weiter den astronomischen Stab, das parallaktische Lineal und den Mauer-Quadranten in der alten einfachen Form, doch, nach dem Vorbilde des Landgrafen, in der Benutzung auf Meridian-Durchgangsbeobachtungen ausgedehnt.

In dem frei beweglichen, von dem arabischen Instrument gleichen Namens ganz verschiedenen Sextanten ist ein neues für Distanzmessungen geeignetes Instrument geschaffen worden (Fig. 35). Ob aber die Beobachtung zu zweien zweckmäßig war, darf bezweifelt werden; denn da man weiß, wie schwer zwei Köpfe unter einen Hut zu bringen sind, so wird man annehmen müssen, daß die beiden Beobachter nicht immer leicht zu einem Compromiß gekommen sein werden. Es scheint deshalb der kleinere Stahl-Sextant (Fig. 36), der für einen Beobachter eingerichtet ist, bei Weitem vorzuziehen zu sein; er zeigt überdies einen Versuch zu einer klemmbaren Aufstellung und besonders eine Stellschraube von Schenkel zu Schenkel. Auch das nur 30° umfassende Handinstrument dieser Art (Fig. 16) empfiehlt sich. Dagegen läßt der soeben erhobene Einwand auch den Arcus bipartitus als unzweckmäßig erscheinen.

Eine interessante Uebergangsform bilden die Armillae aequatoriae mit ihrer langen Polachse. Der getrennt aufgestellte Stundenbogen ist eine durch die angestrebten großen Dimensionen veranlaßte Verlegenheitslösung. Dasselbe gilt von den auf der Mauer liegenden Azimuthkreisen der Quadranten.

Ueberhaupt tritt das Streben nach großen Maaßen sehr hervor, und zwar, wenngleich zuweilen der Construction hinderlich, doch insofern mit gutem Rechte, als das Visiren durch Diopter solche bedingte, um größere Genauigkeit zu erreichen. Das Holz wird mehr und mehr durch Metall ersetzt. Dagegen war es wohl ein Fehlgriff, wenn die Werkstätten in zu großem Maaßstabe angelegt und erhalten wurden. Man hat den Eindruck, daß Instrumente gebaut wurden, nur um Arbeit zu schaffen, ähnlich wie, nach Weistritz, Tycho Gedichte, die er guten Freunden widmete, drucken ließ, um seine Papiermühle zu beschäftigen. Diese wenig ökonomische Art zu wirthschaften wird dazu beigetragen haben, daß Tycho in Ungnade fiel; und nach einigen Jahrzehnten war leider die ganze Herrlichkeit Hveens vergangen.

Bei seinem Fortgange von Hveen 1597 hat Tycho die Instrumente bis auf die größten, die nicht gut zu transportiren waren, mitgenommen und theilweise während seines Aufenthaltes in Wandsbeck dort wieder aufgestellt. Als er 1600 in Kaiser Rudolf's Dienste trat, wurden die Instrumente zu Schiff nach Prag gebracht. Hier wurden sie in den kaiserlichen Gärten aufgestellt, sind aber wohl kaum wieder ernstlich benutzt worden. Kepler[1], der sie, als er 1600 ebenfalls in kaiserliche Dienste trat, dort vorfand (Gass., 176), scheint anfangs zuweilen damit beobachtet zu haben, dann wurde er durch lange Krankheit und sein Zerwürfniß mit Tycho davon abgehalten.

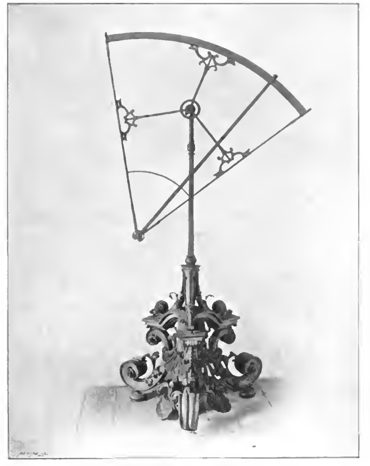
[1]) Johannes Kepler, Weil der Stadt 1571 — Regensburg 1630.

Nach Tycho's Tode (24. October 1601) wurden die Instrumente vom Kaiser angekauft und Kepler übergeben (Gass., 216), aber in Folge von Reclamationen der Braheschen Erben mußten sie bald darauf unbenutzt bleiben. Im Mai 1603 schreibt Kepler: »Instrumenta dormiunt« und im December dieses Jahres gar: »Instrumenta in »horto Caesaris sub dio putrescunt. Utor sextante et quadrante parva ex Hofmanni »(eines in Prag lebenden Landsmannes Kepler's) liberalitate.« Bei den 1619 nach Kaiser Matthias' Tode in Prag entstandenen Unruhen sind dann die Instrumente zerstreut und vielleicht zu anderen Zwecken verarbeitet worden.

7. Kepler und die Erfindung des Fernrohres.

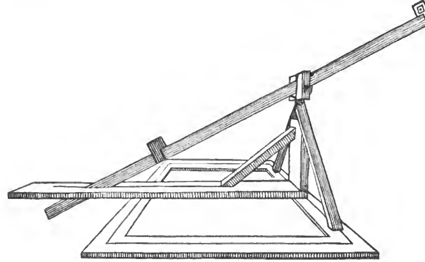
Nach all dem in den Instrumenten Tycho's hervortretenden Aufwande sieht man gern, mit wie einfachen Mitteln ein Kepler sich behalf. Als er, 23 Jahre alt, im Begriffe steht, die Landesvermessung in Nieder-Oesterreich zu beginnen, theilt er seinem Freunde Maestlin mit, wie er seine Breitenbestimmungen machen will (Frisch **1**, 19). Er will aus Holz ein rechtwinkliges Dreieck herstellen lassen, von 10^f Länge, 5^f Höhe. Ein Dreieck zieht er einem Quadrat vor, weil es leichter auseinander zu nehmen und zu transportiren ist. Die beigefügte Skizze ist nicht recht verständlich; Kepler spricht aber im December 1598 gegen Fickler (Frisch **1**, 67) noch einmal über vermuthlich dasselbe Instrument. Es genügt ihm, auf halbe Grade sicher zu sein. Das Dreieck hat Seiten von 10^f, 8^f und 6^f Länge und ist zum Schutz gegen das Verziehen mit Wachs getränkt. Es wird an dem rechten Winkel aufgehängt, an demselben Punkt auch das Loth. Die Hypotenuse ist mit Theilung versehen, eine der Katheten trägt Lochvisire. Das Dreieck hat keine Stellvorrichtung (trochlea), sondern hängt frei und wird durch angehängte Gewichte in die Richtung auf den Stern gebracht. »Habes apparatum universum«, so schließt die kurze Beschreibung. Weiterhin sagt Kepler (Frisch **1**, 68): »Porro instrumenta magna, exacta et rectificationissima optare possum, »indicare quo loco, qua pecunia comparentur, non possum . . .« Es ist wohl zu beklagen, daß das Selbstvertrauen des bescheidenen großen Mannes sich nicht unter günstigeren Verhältnissen geltend machen konnte.

Die beiden Instrumente, die Kepler benutzte, als Tycho's Sammlung ihm nach dessen Tode nicht mehr zur Verfügung stand, waren: ein eiserner Sextant von $r = 3\frac{1}{2}^f$ und ein messingner Azimuthal-Quadrant von $r = 2\frac{1}{2}^f$, beide in Minuten getheilt (Frisch **2**, 760; **3**, 221). Da Kepler meint, Hofmann habe sie für ihn in Voraussicht der Verhältnisse machen lassen, so waren es wohl neue Instrumente. Sie werden als nach Tycho's Muster gebaut bezeichnet, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie auf den anderweitig von Kepler genannten »kais. geometrischen Instrumentenmacher« Erasmus Habermeel zurückzuführen sind, aus dessen Händen noch jetzt ein Sextant auf der Sternwarte Prag erhalten ist (Weinek, L., Die tychonischen Instrumente auf der Prager Sternwarte, Prag 1901, S. 4) **[Fig. 38]**; ebenfalls unter der Bezeichnung »von Tycho«, obgleich der Bau und die Ausführung, soweit man nach den Abbildungen schließen darf, bis auf die Transversaltheilung und die Schlitzvisire, sehr wenig Aehnlichkeit mit den von Tycho selbst geschaffenen Instrumenten erkennen lassen.



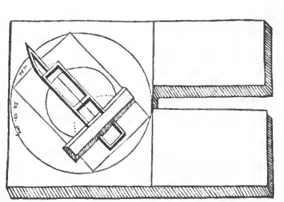
Quadrant von Habermeel, um 1600,
nach Weinek.

Fig. 39
(zu Seite 31).



Kepler's Instrumentum eclipticum, 1600,
nach Kepler, Ad Vitellionem paralipomena, Frankf. 1604.

Fig. 40
(zu Seite 31).



Kepler's Meßapparat für Mondbilder, 1600,
nach Kepler, Ad Vitellionem paralipomena.

Später baute sich Kepler einen sehr eigenthümlichen Apparat zur Beobachtung von Mondbildern (Frisch **2**, 341, 351) **[Fig. 39]**. Schon 1606 hatte er gefunden, daß ein leuchtender Gegenstand durch eine kleine runde Oeffnung in einer Wand auf einer dahinter stehenden Fläche in umgekehrter Lage abgebildet wird (Frisch **2**, 152, 804), nicht ohne darauf aufmerksam zu werden, daß schon Aristoteles dies beachtet hatte. Um diese Entdeckung auszunutzen, richtete er sich einen 12′ langen Balken her, der auf einem sehr einfachen, azimuthal drehbaren Gerüst um einen horizontalen Zapfen in beliebige Neigungen gebracht werden konnte. Kepler selbst sagt, daß der Apparat, um allgemein brauchbar (universalis) zu sein, zu einem Quadratum geometricum hätte ausgebildet werden müssen; aber für ihn war nur der Visirbalken von Bedeutung, auf dessen oberes Ende er nun ein Blech mit einer erbsengroßen Visiröffnung anbrachte, unten aber eine Platte, die innerhalb einer Kreistheilung am Rande das Mondbild voll aufnehmen konnte **[Fig. 40]**. Um einen Stift im Mittelpunkte der Theilung drehte sich eine runde Platte mit einem diametral zwischen zwei Leisten verschiebbaren Lineal, dessen eines Ende, radial angeschnitten, als Index für die Kreistheilung diente, während das andere Ende ein nach beiden Seiten rechtwinklig vorspringendes Querlineal trug. Das untere Lineal war mit einer Theilung versehen. Die Messung geschah in der Weise, daß der Mondrand nach auf der Platte gezogenen concentrischen Kreisen centrisch eingerichtet und das Querlineal mit der Platte gedreht und vorgerückt wurde, bis es die beiden Hörner der Sichel berührte; die beiden Theilungen wurden dann abgelesen.

Diese Lichtbilder-Beobachtungen bilden einen interessanten Uebergang zu dem nur wenige Jahre später aufkommenden Gebrauche des mit Glaslinsen ausgerüsteten Fernrohres, das einen so tiefgreifenden Einfluß auf die weitere Ausbildung der astronomischen Meßwerkzeuge haben sollte.

Bald nach 1608 hatte man, wie es scheint durch Zufall, in Holland eine das Fernsehen wesentlich fördernde Zusammenstellung einer convexen und einer concaven Brillenlinse herausgefunden. Doppelmayr (S. 111) nennt als wahrscheinliche Erfinder Zacharia Jansen oder Joannide und Johann Lippersein oder Lipperhey[1]), beide in Middelburg; nicht gelten läßt er die sonst genannten: Joh. Bapt. Porta, Cornelius Drebbelius[2]), Galilei[3]) und Jakob Metius[4]), obgleich Kepler den letzteren als »inventor telescopii« bezeichnet (Frisch **2**, 484, vergl. auch M. C. **8**, 41 und Wolf § 134). — Zu astronomischen Beobachtungen benutzt wurden diese sogenannten holländischen Fernrohre zuerst, Anfang 1610, ziemlich gleichzeitig von Galilei in Padua, Simon Mayr[5]) in Ansbach und Harriot[6]) in London. Auch Kepler stellte im Herbst desselben Jahres mit einem Fernrohre, das ihm der Herzog Ernst von Bayern hatte zukommen lassen und das von Galilei herrühren sollte, eine Reihe von Beobachtungen an (Frisch **2**, 510ff.) und behandelte bald darauf in seiner »Dioptrice« die Sache theoretisch, indem er den Weg der Lichtstrahlen durch verschiedene Zusammenstellungen von Glaslinsen verfolgte.

[1]) Johann (Hans) Lipperhey, Wesel 1560? — Middelburg 1619.
[2]) Cornelius Drebbelius, Alkmaar 1572 — London 1634.
[3]) Galileo Galilei, Pisa 1564 — Arcetri 1642.
[4]) Jakob Metius, Alkmaar? — Alkmaar nach 1624, vor 1631.
[5]) Simon Mayr, gen. Marius, Gunzenhausen 1570 — Ansbach 1624.
[6]) Thomas Harriot, Oxford 1560 — London 1621.

Am wichtigsten ist unter diesen geworden das unter LXXXVI (Frisch **2**, 549) besprochene Problem: »duobus convexis majora et distincta praestare visibilia, sed everso situ«, d. i. die Anordnung des sogenannten Kepler'schen oder astronomischen Fernrohres in einfachster Form: zwei convexe Linsen in einer Achse mit gemeinsamem dazwischen liegenden Brennpunkte. Der Umstand, daß, gegenüber der bisherigen Schätzung an zwei in verschiedenen Abständen vom freien Auge liegenden Visiren, jetzt, durch den Mittelpunkt der Objectivlinse und eine im gemeinsamen Brennpunkte festgelegte Marke (Faden), eine Absehlinie von fast zweifelloser Sicherheit der Definition gegeben war, während zugleich die Vergrößerung, unter der man Bild und Marke auf einander beziehen kann, diesen Vortheil noch sehr wesentlich steigerte, mußte für die Verschärfung der Richtungsmessungen von größter Bedeutung werden, und La Hire[1]) rechnet deshalb mit Recht das für Meßzwecke brauchbare Fernrohr von Kepler (1611) ab (Mém. Paris 1717, 86).

Man darf freilich bezweifeln, ob Kepler die große praktische Wichtigkeit jenes von ihm behandelten besonderen Falles sogleich voll erkannt hat; denn er hebt ihn keineswegs hervor, und La Hire bemerkt (a. a. O.) »Cependant on a été fort »longtemps à ce qu'il me semble, sans mettre en usage les Lunettes à deux Verres »convexes, et je ne crois pas que ce soit avant l'invention du Micrometre, où l'on a »vû qu'elles sont utiles à cause du foyer commun de ces deux Verres où les plus »petits objets paroissent très distinctement«.

Was aber in der Zeit der ersten Fernrohre den Augen zugemuthet wurde, ersieht man aus einem Briefe Kepler's an Pisanus vom 16. Decbr. 1613 (Frisch **2**, 482). Pisanus hatte Angaben gewünscht über ein Doppelrohr, für beide Augen, und Kepler macht den wunderlichen Vorschlag, eine gemeinschaftliche Objectivlinse und zwei concave Augengläser zu nehmen, mit der Bemerkung: »nec multum nocituram obliquitatem »convexi tantulam ad cava«.

8. Scheiner und Galilei. Erfindung der Pendeluhr.

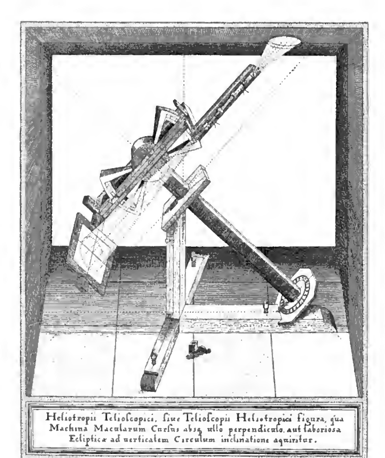
In eigenthümlicher Weise machte Scheiner[2]) von dem Kepler'schen oder sogenannten astronomischen Fernrohre Gebrauch, indem er um 1618 (Braunmühl, 60) aus zwei convexen Linsen ein Projectionsrohr für seine Sonnenflecken-Beobachtungen herstellte; aber die Ocularlinse mußte zu dem Zwecke aus dem Focus gerückt stehen, und die hervorragende Eigenschaft des Fernrohres als Visirmittel wurde daher noch nicht ausgenutzt. Ein besonderes Interesse bietet auch die Aufstellung dieses von Scheiner »Heliotropium Telioscopicum« genannten Projectionsrohres als Grundlage der deutschen parallaktischen Fernrohraufstellung **[Fig. 41]**. Sie ist nach Angaben von Grienberger[3]) gebaut, der sie »Machina aequatorialis« nannte. Eine lange Stundenachse ruht in zwei Lagern auf einem gemeinsamen Holzbocke und trägt oberhalb des oberen Lagers einen Kopf mit zwei einander diametral gegenüber stehenden Declinations-Theilungsbögen

[1] Philippe La Hire, Paris 1640—1718.

[2]) Christoph Scheiner, Walda bei Mindelheim in Schwaben 1575 — Neisse 1650, Prof. math.

[3]) Christoph Grienberger, Hall in Tyrol 1561 — Rom 1636, Prof. math.

Fig. 41
(zu Seite 32).



Um 1618. Nach Braunmühl, Christoph Scheiner.



von 25° Ausschlag zu beiden Seiten des Aequators. An diesem Kopfe dreht sich um einen durchgehenden Zapfen ein langer Rahmen mit dem Projectionssystem und einem Paar zu dessen Achse parallelen Dioptern, sowie mit Indices für die feststehenden Theilungsbögen. Der Stundenkreis befindet sich am unteren Ende der Achse. Der ganze Apparat ist aus Holz einfach, aber zweckmäßig hergerichtet. Ist Scheiner hier im Princip Grienberger gefolgt, so wird er doch viel Eigenes hinzu gethan haben, denn es fehlte ihm nicht an Erfindungsgabe. Man darf dies daraus schließen, daß der Pantograph von ihm erdacht worden ist (Braunmühl, 2); auch hat er 1614 zu einem astronomischen Fernrohre ein sogenanntes terrestrisches Ocular hergestellt (Braunmühl, 47). Es wurde dieses bisher de Rheita[1]) zugeschrieben (La Hire in Mém. Par. 1717, 86. Wolf, Geschichte, 361), der aber 1614 erst 17 Jahre alt war und wohl gegen Scheiner zurücktreten muß.

Seitdem Galilei mit seinem nach den ersten ihm zu Ohren gekommenen Berichten selbständig ersonnenen und hergerichteten Fernrohre die ersten Entdeckungen am Himmel gemacht hatte, wollte natürlich jeder Astronom ein Fernrohr (Perspicill bei Gascoigne, tubospicillum bei Hevel, auch perspective cylinder, s. Zach **7**, 122) haben; doch währte es einige Zeit, bis man zu größeren Gläsern übergehen konnte. Bald nach 1640 begann Hevel[2]), das Linsenschleifen zu erlernen; er besaß (Hevel, 43, 379 ff.) 1643 ein Fernrohr von 6 und eins von 12 f Brennweite, die er zu Mondbeobachtungen benutzte; um 1650 entstanden in Rom die optischen Werkstätten von de Divini[3]) und Campani[4]) (M. C. **8**, 39), von denen besonders der letztere einen großen Ruf erlangte, und 1655 legte sich auch Christ. Huygens[5]), im Verein mit seinem Bruder Constanz[6]), auf das Glasschleifen, nachdem er 1651 bis 54 über Refraction und Dioptrik geschrieben hatte (Huygens, Vita, 1). Man steigerte die Brennweiten mehr und mehr und gelangte darin zu ungeheuerlichen Dimensionen, während die Oeffnungen noch sehr klein blieben. Ueber die Aufstellungen dieser Fernrohre wird weiterhin zu sprechen sein.

Neben der Erfindung des astronomischen Fernrohres wurde die der Pendeluhren von größter Bedeutung. Wir haben gesehen, wie man den Lauf der Zeit mit Hülfe des Gnomons verfolgt hat, dann, auf den regelmäßigen Fall des tropfenden Wassers aufmerksam geworden, es verstanden hat, den Ablauf des Wassers unter constanter Druckhöhe zu regeln und mit Hülfe von Schwimmern darzustellen; daneben waren auch die bequemeren, aber unvollkommneren Sanduhren möglichst ausgebildet worden. Schon um Mitte des 14. Jahrhunderts wurden dann nach Gerland (Hofmann, Bericht über die wissenschaftlichen Apparate der Londoner Ausstellung 1876, S. 18) Räderuhren mit Horizontal-Balanciers hergestellt; aber dieser Regulator, ohne eigene Richtkraft, war ganz von den Impulsen, die er von dem Räderwerk erhielt, abhängig und dabei vielen Zufälligkeiten ausgesetzt. Er war daher wenig zuverlässig, so daß noch Tycho viele Versuche mit Wasser- und Quecksilberuhren vergeblich gemacht hat. Schon aus dem Umstande, daß er darüber nicht eingehend berichtet, darf man schließen,

[1]) Anton Maria Schyrläus (gen. de Rheita), Rheita in Böhmen 1597 — Ravenna 1660.

[2]) Johann Hevel oder Höwelke, Danzig 1611—1687.

[3]) Eustachio de Divini, Sanseverino 1610 — Rom 1695?

[4]) Giuseppe Campani, lebte um 1660 in Rom.

[5]) Christian Huygens, Haag 1629—1695.

[6]) Constanz Huygens, ? — Haag 1697.

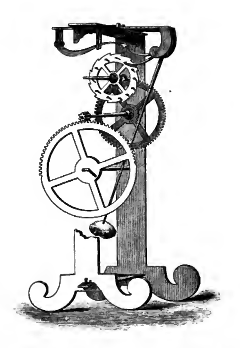
daß er so wenig, wie Andere, zu befriedigenden Ergebnissen gelangte. — Da wurde Galilei 1635 auf die Gleichmäßigkeit der Schwingungen eines Pendels aufmerksam und faßte den glücklichen Gedanken, ein solches zur Zeitmessung zu verwenden. Für kurze Zeiträume that schon das einfache Pendel allein gute Dienste, und bessere noch, nachdem Galilei bald darauf gelernt hatte, die Zahl der Schwingungen durch einfache, vom Pendel selbst getriebene Zählwerke festzustellen. Aber dieses Hülfsmittel brachte durch seine Reibung das Pendel um so früher zum Stillstand, und um so häufiger war man genöthigt, einen neuen Impuls zu geben; es bedingte also eine fortgesetzte Mitwirkung des Beobachters und versagte ohne ihn nach wenigen Minuten. Diesem großen Uebelstande durch eine mechanische Vorrichtung abzuhelfen, ist man von verschiedenen Seiten bemüht gewesen. Galilei selbst hat nach Gerland's eingehenden Nachforschungen (Instrk. 1888, 79) erst 1641 oder 42, nicht lange vor seinem Tode, die Zeichnung für eine durch Gewicht getriebene Pendeluhr hergestellt, bei der es sich darum handeln mußte, nicht nur dem Pendel das Mitführen des Zählwerkes abzunehmen, sondern die dafür eingeführte Treibkraft auch so zu verwenden, daß sie das Pendel durch regelmäßige Impulse dauernd im Gange hielt, solange das Gewicht wirkte. Er erreichte dies durch ein eigenthümlich geformtes Sperrrad, welches bei jeder Schwingung des Pendels im Hingange durch einen an seiner Schwingungswelle befestigten Arm ausgelöst wurde und dann dem Pendel im Rückgange an einem andern Arm einen Impuls gab **[Fig. 42]**. Diese Zeichnung blieb unbenutzt liegen, bis erst 1649 Galilei's Sohn Vincenzio[1]) sich daran machte, ein Uhrwerk danach ausführen zu lassen. Er starb aber, ehe es vollendet war, und das Werk ging verloren; die Zeichnung ist indeß erhalten, und es ist nicht zu bezweifeln, daß danach ein brauchbares Uhrwerk hätte hergestellt werden können.

Im Jahre 1656 stellte auch Huygens eine Pendeluhr her, wohl die erste, die vollendet wurde, und es ist nach Gerland (a. a. O.) und auch nach der abweichenden Bauart glaubhaft, daß er sie unabhängig ersann. Aber er sagt selbst (Huygens, **1**, 6 und 32), daß das Pendel von Galilei angegeben wurde, und da wesentlich in diesem vorzüglichen Regulator der große Vorzug der Pendeluhr gegenüber früheren Räderuhren liegt, so muß Galilei als der eigentliche Erfinder der Pendeluhr gelten, während Huygens das Verdienst bleibt, sie eingeführt zu haben. Ein weiteres und nicht geringes Verdienst hat er sich dadurch erworben, daß er auf die Unruhe mit Spiralfeder als naturgemäßen Ersatz des Pendels in tragbaren Uhren hingewiesen hat (Huygens, **1**, 253/4).

Uebrigens darf nicht vergessen werden, daß der Landgraf von Hessen schon um 1580 kleine 24^h gehende Uhren gehabt hat, die Minuten und Secunden angaben; sie müssen einen ähnlichen Regulator gehabt haben, wenn es auch eine Schweinsborste (Wolf Gesch., 140) war, sowie auch ein brauchbares Echappement. In dieser Richtung ist also die mitteldeutsche, wahrscheinlich Nürnbergische, Industrie weit voraus gewesen, leider ohne für wissenschaftliche Zwecke weiter fortgebildet worden zu sein.

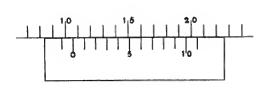
Rudolf Wolf hat wiederholt die Erfindung der Pendeluhr für Bürgi reclamirt, hat aber überzeugende Beweisgründe dafür nicht beibringen können. Dagegen ist Hevel nahe daran gewesen, Huygens zuvorzukommen (s. u.)

[1]) Vincenzio Galilei, Venedig 1600 — Florenz 1659, Stadtrichter.



Galilei's Zeichnung zu einer Pendeluhr, 1642,

nach Zeitschrift für Instrumentenkunde.



Skizze einer Vernier-Theilung.

In diese Zeit fällt auch eine andere Erfindung, die wesentlich zur Verschärfung der astronomischen Messung beitrug. Pierre Vernier[1]) veröffentlicht 1631 (La Lande § 2341) die nach ihm benannte Hülfseinrichtung zur genaueren Ablesung der Theilungen. Sie beruht bekanntlich darauf, daß die Theilung nach einer dagegen beweglichen anderen Theilung abgelesen wird, die mit ihrem Nullpunkte als Index dient und, von diesem ausgehend, noch n gleiche Theilintervalle enthält, deren Gesammtstrecke = $(n-1)$ Intervallen der Haupttheilung ist; durch Abzählung der Vernier-Striche, bis zu dem mit einem Strich der Haupttheilung zusammenfallenden, findet man, um wie viele n-tel der Nullstrich des Verniers den letztpassirten Strich der Haupttheilung überschritten hat **[Fig. 43]**. Diese den Transversalen und der Ablesung nach Nonius weit überlegene Einrichtung kam natürlich um so mehr zur Geltung, als es gelang, die Theilungen in sich genauer herzustellen, und dessen bedurfte man, weil die Fernrohre eine erheblich gesteigerte Schärfe der Auffassung zuließen.

Die Erfindung dieser sehr nützlichen Meßvorrichtung ist von Breusing[2]) (A. N. **96**, 129) für Clavius[3]) in Anspruch genommen worden. Er kommt zu dem Schlusse, »daß wir die Theorie der Noniusablesung Niemandem anders als Clavius zu verdanken haben.« Daß dies im wörtlichen Sinne nicht möglich ist, geht daraus hervor, daß Nonius' Schrift »De crepusculis« in erster Ausgabe 1542 erschienen ist, d. i. zur Zeit, als Clavius 5 Jahre alt war. Aber es kommt Breusing wesentlich auf die Ausnutzung des Verhältnisses $n:n \pm 1$ an, und er nimmt in der citirten Stelle wohl Vernier für Nonius. Man kann nun sehr wohl zugeben, daß dieses Princip ein wesentlicher Theil der Erfindung ist, und doch unterscheiden, daß Clavius nur lehrt, wie man Bögen beliebiger Größe herstellen oder ausmessen kann, sie also in der Zeichnung construirt, während Vernier, vielleicht selbst mit Entlehnung dieses Princips, ein mechanisches Hülfsmittel schuf, das die genaue und schnelle Ablesung jedes beliebigen Bogens gestattet. Das hätte man mit Clavius' Lehren allein nie erreicht, und es ist daher kein Grund, den einmal üblichen technischen Ausdruck »Vernier« zu beanstanden. Ebenso wenig ist es natürlich richtig, Vernier's Erfindung nach Nonius zu bezeichnen. Die Theilung nach Nuñez fand schon Tycho wenig empfehlenswerth, und sie ist wohl nie recht in Aufnahme gekommen; die oft vorkommende Bezeichnung des Verniers als Nonius könnte vielleicht ihren Grund darin haben, daß der zu Nonius latinisirte Name Nuñez der neunten Ordnungszahl ähnlich lautet und der technische Ausdruck aus der besonderen Bedeutung des neunten Strichs abgeleitet und entstellt worden ist.

Die Vernier-Theilung wird 1643 auch von Hedraeus[4]) in seinem Werke »Nova et accurata astrolabii structura, Lugd. Bat.« angegeben, ohne Nennung Vernier's. Es ist wohl zu streng geurtheilt, wenn Rud. Wolf (Gesch., 367) von dem Hedraeus »ohne Zweifel wohlbekannten Erfinder« (Vernier) spricht, denn auch Hevel kannte ihn nicht, als er seine Machina coelestis schrieb, d. i. 1673. Vielleicht aber legte Hedraeus mit Recht Werth darauf, die neue Theilungsmethode zuerst praktisch durchgeführt zu

[1]) Pierre Vernier, Ornans (Dep. du Doubs) 1580—1637, Münzdirector.
[2]) Arthur Breusing, Osnabrück 1818 — Bremen 1892, Dir. d. Seefahrtsschule.
[3]) Christoph Schlüssel, gen. Clavius, Bamberg 1538 — Rom 1612.
[4]) Benedictus Hedraeus, Westmanland 1608? — Upsala 1659, Prof. math.

haben; denn er giebt in gesperrter Schrift an, daß ihm F. Sneewins ein danach getheiltes Astrolabium hergestellt hat Auch hebt er die Zweckmäßigkeit zweier Verniers in 180° Abstand hervor.

9. Hevel.

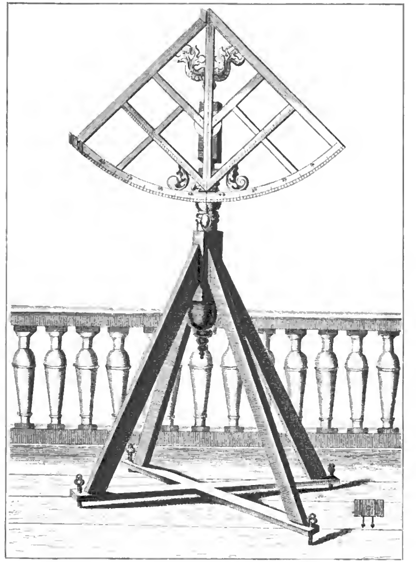
Johann Hevel ist der letzte hervorragende Vertreter der alten Beobachtungskunst, die durch die oben besprochenen Neuerungen umgestaltet wurde.

Hevel war in der glücklichen Lage, in der Verfolgung seiner astronomischen Thätigkeit über beträchtliche Mittel zu verfügen, und zwar über eigene, die ihn unabhängig von der Gunst hochgestellter Gönner machten. Geboren 1611, wandte er sich unter des Danziger Professors Crüger[1]) Anleitung schon frühzeitig der Astronomie zu, obgleich er bestimmt war, den kaufmännischen Betrieb des Vaters fortzusetzen (Seidemann, Joh. Hevelius, Zittau 1864). Nach längeren Reisen kehrte er 1634 nach Danzig zurück, ohne einstweilen die astronomischen Studien wieder aufzunehmen. Dies geschah dann, nachdem 1639 Crüger ihn vor seinem Tode darum gebeten hatte; und Hevel machte auch bald Vorbereitungen zu astronomischen Beobachtungen. Er ließ auf seinem Hause ein kleines Observatorium bauen, schliff Gläser, um damit Sonne und Mond zu beobachten, und stellte einen früher von Crüger benutzten Quadranten auf, fand aber, daß er größerer Instrumente bedurfte. Es war ihm vergönnt, sich jetzt fast ganz seinen astronomischen Arbeiten widmen zu dürfen, da seine Frau ihm die Geschäftsleitung großentheils abgenommen hatte.

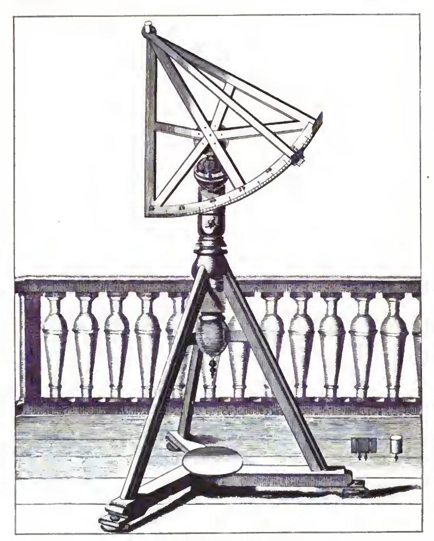
Hevel nimmt Tycho als Vorbild, will wenige, aber gut berichtigte und feste Instrumente haben, nicht solche, »quae facile vaccillant«. Er hält nichts von dem Torquetum, dem parallaktischen Lineal, dem Radius astronomicus und den Armillen-Instrumenten, obgleich er Versuche damit gemacht hat, will aber Quadranten und Sextanten von Metall, nicht kleiner als 3^f, und nur für besondere Zwecke solche in größeren Maaßen von Holz hergestellt wissen. Vom Astronomen aber verlangt er Scharfsichtigkeit, Genauigkeit und beharrlichen Fleiß, besonders auch unausgesetzte Uebung im Beobachten. Die Theilungen aller von ihm benutzten Instrumente hat Hevel mit eigner Hand ausgeführt (Hevel, 96); auch setzte er selbst alle Visire an und untersuchte die Instrumente vor dem Gebrauche. — Es finden sich folgende Instrumente in seiner »Machina coelestis« ausführlich beschrieben:

1. Messing-Quadrant, $r = 0{,}83^{m}$, in 10′ getheilt, mit Transversalen, die nach einem Lothfaden abgelesen werden (Hevel, 96) **[Fig. 44]**. Die beiden Visire sind an einem Schenkel des Quadranten befestigt; das untere hat zwei Schlitze, rechtwinklig zur Theilfläche, das obere ist eine Platte, deren Breite dem Abstande der beiden Schlitze gleich ist. Der Quadrant selbst dreht sich auf einem Holzbocke um einen senkrechten und einen horizontalen Zapfen und ist an beiden festzuklemmen. Bei Sonnenbeobachtungen wird der Schenkel der Visire mit einer Kappe überdeckt, damit man die durch eine kleine Bohrung des oberen Visirs auf das untere fallende Lichtscheibe deutlicher erkennt. Das Instrument ist nicht für scharfe Beobachtungen bestimmt.

[1]) Peter Crüger, Königsberg 1580 — Danzig 1639, Prof. math.

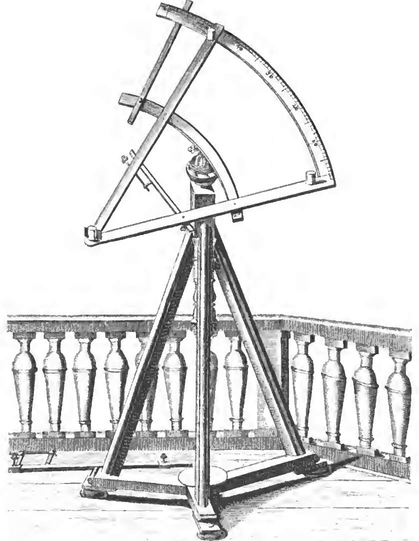


Hevel's Messing-Quadrant, ca. 1640,
nach Hevel's Machina coelestis.



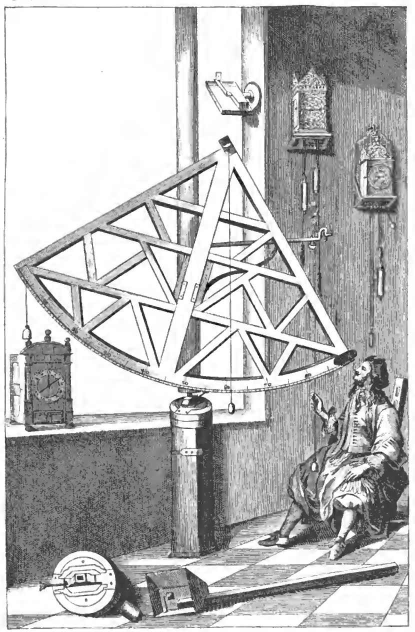
Hevel's Messing-Sextant, um 1640,
nach Hevel's Machina coelestis.





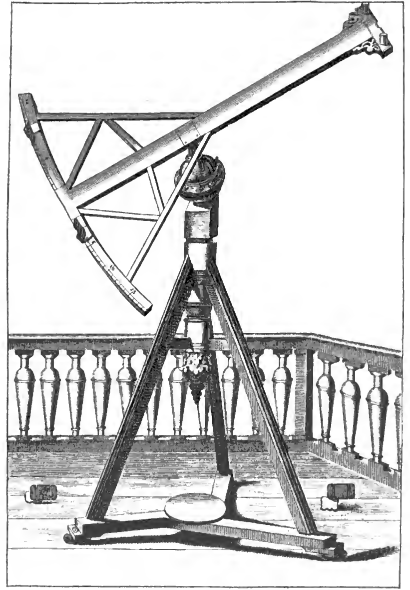
Hevel's Stahl-Sextant, um 1640,
nach Hevel's Machina coelestis.


Digitized by Google



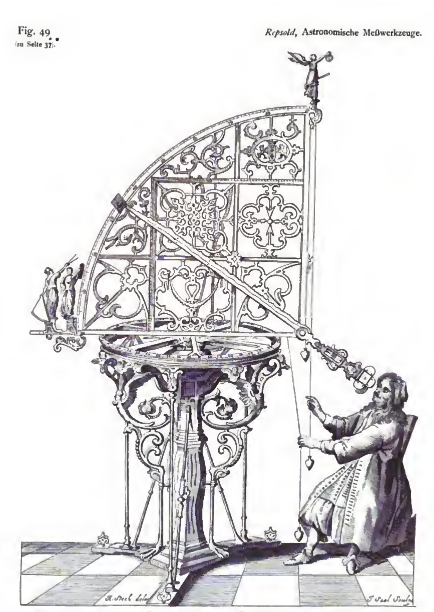
Hevel's azimuthal drehbarer Holz-Quadrant, vor 1648,
nach Hevel's Machina coelestis.





Hevel's zweitheiliger großer Holz-Octant,
nach Hevel's Machina coelestis.





Crüger's großer Azimuthal-Quadrant, vollendet von Hevel 1644,
nach Hevel's Machina coelestis.

2. Messing-Sextant, $r = 0{,}83$ m, in 10′ getheilt (Hevel, 102) **[Fig. 45]**; eine Alidade trägt oben einen Cylinder, unten ein Schlitzvisir und ist durch eine Klemmschraube auf starke Reibung, nicht ganz fest, anzuziehen. Ein zweites Schlitzvisir sitzt auf dem einen Schenkel des Sextanten. Der Abstand der Schlitze ist gleich dem Durchmesser des Cylinders. Der Sextant bewegt sich um eine große Kugel in einer Schale, wie bei Tycho, auf Holzstativ. Das Instrument ist für zwei Beobachter bestimmt.

3. Stahl-Sextant von $r = 1{,}1$ m, in 10′ getheilt (Hevel, 108) **[Fig. 46]**; für einen Beobachter bestimmt, weil das Ocularvisir (ein Cylinder mit zwei radialen Flügeln, die bis auf enge Schlitze herantreten) in der Mitte befindlich ist. Die beiden anderen Visire sind einfache Cylinder. Die Alidade kann an einer Sehne geklemmt und durch eine Schraube fein gestellt werden. Das Holzstativ, wie das vorige mit Kugel, ist leicht zu zerlegen.

4. Azimuthal drehbarer Holz-Quadrant, $r = 1{,}7$ m, an einem verticalen Baume um zwei Endzapfen drehbar, von Eichenholz mit Messing-Theilbogen, in 5′ getheilt mit Transversalen und nach einem Loth abzulesen (Hevel, 114) **[Fig. 47]**. Der Quadrant dreht sich an dem Baume um einen durch seinen Schwerpunkt gehenden horizontalen Zapfen. Die Visire sind an dem einen Radius des Quadranten befestigt und sind denen Tycho's sehr ähnlich; das obere ist eine viereckige Platte mit Loch in der Mitte, für Sonnenbeobachtungen, das untere eine Platte gleicher Größe mit vier Schlitzen, von denen drei durch Triebe und Zahnstangen gemeinschaftlich in ihrer Weite verändert werden können. Der Quadrant ist sorgfältig ins Gleichgewicht gebracht und wird an einer Schnur eingestellt, die über eine am Baume gehaltene Rolle geht. — Hevel hat dieses Instrument in früheren Jahren viel benutzt, klagt aber sehr über die Unbeständigkeit des Holzes und will in Zukunft nur Metall verwenden. Er legt Werth auf bequeme Stellung beim Beobachten und benutzt deshalb geeignete Sitze und Treppen.

5. Großer zweitheiliger Octant aus Holz (Hevel, 132) **[Fig. 48]**. (Octans magnus ligneus, Arcus bipartitus), $r = 2{,}2$ m, ganz ähnlich dem Tycho's, doch auf Holzbock mit Kugelgelenk.

6. Großer Azimuthal-Quadrant, (Hevel, 150) eins der Hauptinstrumente Hevel's und dementsprechend nach dem Geschmacke der Zeit mit störendem Aufputz überladen; $r = 1{,}39$ m, mit Transversalen auf 10″ abzulesen, der Horizontalkreis von $r = 0{,}56$ m; ebenfalls Tycho's Instrumenten ähnlich, doch mit Gegengewicht und Schnur zum Einstellen der Alidade und besonderem Handgriffe zur Azimuthal-Drehung, die zwischen und auf Rollen geht und in der Mitte auf einer Jaspis-Platte ruht **[Fig. 49]**. Dieses Instrument war schon 1618 für Peter Crüger begonnen worden, war aber wegen des Todes des unbekannten, doch als sehr geschickt gerühmten ausführenden Technikers unvollendet geblieben und 1644 in Hevel's Hände gekommen. Die oberen Theile sind von Messing, das Stativ von Eisen. Zur Feinbewegung der Alidade ist ein complicirter Mechanismus angebracht, der durch mehrfache Räder-Uebersetzungen von einer Triebwelle mit Handköpfen auf eine Schnurtrommel wirkt und von dieser durch die über Rollen geleitete Schnur auf die Alidade. Obgleich sicher anzunehmen ist, daß diese complicirte Vorrichtung schon der Elasticität der Schnur wegen sehr unpräcis gewirkt hat, so ist sie doch von nicht geringem Interesse dadurch, daß die Handwelle

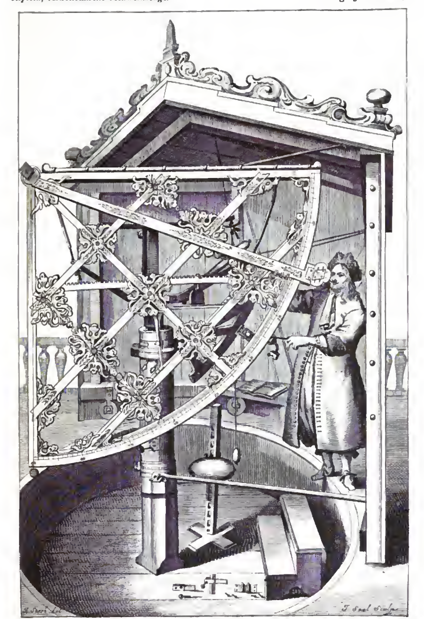
mit einer Theilscheibe versehen war, an der nicht nur die Umdrehung dieser Welle, sondern durch besondere Zeiger auch die Zahl der Umdrehungen abzulesen war. Man muß diese Vorrichtung, die Hevel »directorium« nennt, trotz ihrer Unvollkommenheit im Gebrauche, die wesentlich auf die Dehnbarkeit der Schnur zurückzuführen ist, ein Mikrometer nennen. — Das ganze Instrument ist offenbar mit großer Vorliebe durchgeführt und beschrieben (hierzu dienen 34 Folioseiten), und Hevel hält große Stücke darauf.

7. Großer horizontal drehbarer Metall-Quadrant von $r = 1{,}8^{m}$, ausgeführt von Wolfgang Günter, der mit zwei Gehülfen drei Jahre daran gearbeitet hat; die 5'-Theilung hat Hevel selbst hergestellt (Hevel, 184, 200) **[Fig. 50ª, 50ᵇ]**. Der Quadrant ist in einer hohlen Säule drehbar, kann aber festgestellt werden. Zur Einstellung in Höhe dient eine »cochlea directoria«, die unmittelbar von einem an der Säule befestigten Arme auf die Alidade wirkt und daher von guter Wirkung als Mikrometer gewesen sein kann; sie soll eine Ablesung auf einzelne Secunden erlaubt haben. Zur Controlle der unveränderten Lage des Quadranten ist auf seinem oberen, horizontalen Radius eine lange Glasröhre befestigt, die an beiden Enden kugelförmig erweitert ist. Diese Röhre ist zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt und bildet durch den Luftraum ein primitives Niveau. — Der Quadrant steht unter einem in zwei Hälften fahrbaren Häuschen. Sein Gewicht beträgt einige Hundert Pfund.

8. Großer Messing-Sextant von $r = 1{,}67^{m}$, auf 5' getheilt, 1658 von Wolfg. Günter gebaut (Hevel, 222) **[Fig. 51]**. — Als Aufstellung dient eine Säule mit Kugelgelenk; der Bogen hängt nach unten, erfordert also zwei Beobachter. Die feine Einstellung geschieht durch eine Cochlea directoria, die gegen eine von der Wand herreichende Stütze gehalten wird, nachdem durch kleine Flaschenzüge die grobe Einrichtung besorgt worden ist. Zur Einstellung der Alidade ist ein zweites Directorium vorhanden. — Das Bild zeigt Hevel's zweite Frau, Elisabeth, geb. Koopmann, als seine Gehülfin.

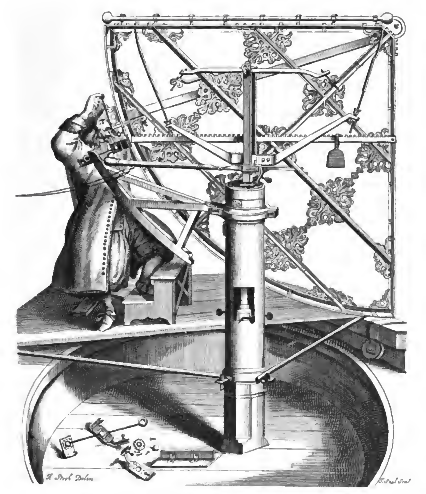
9. Großer Messing-Octant von $r = \text{ca. } 2{,}5^{m}$, auf 5' getheilt, 1659 von W. Günter gebaut (Hevel, 254); nach Art des Arcus bipartitus mit zwei oberen Cylindern, unten mit zwei zu diesen concentrischen Bögen, je mit einem durch Directorium verstellbaren Visire, sonst ähnlich dem vorstehenden Sextanten **[Fig. 52]**.

Es folgen noch Darstellungen von kleineren Instrumenten, ohne wesentlich Neues zu bieten, und endlich **[Fig. 53** und **54]** ausführliche Mittheilungen über Einzelheiten, die in den verschiedenen Instrumenten wiederkehren. Unter diesen a) die Directorien, von denen schon die Rede war (Hevel, 282), in verschiedener Einrichtung: entweder die Schraube festgelagert, oder an einem Kugelgelenke gehalten und in einer Kugelmutter gehend, in beiden Fällen mit Zählscheiben und dann als Mikrometer brauchbar, oder auch als einfache Stellschraube, b) die Visire, von denen schon die Rede gewesen ist, sehr ähnlich denen Tycho's, doch meist mit Stellschraube für das ganze Visir (Hevel, 308), c) verschiedene Blendvorrichtungen und d) die Theilungen; sie vereinigen in sich Transversalen und Vernier-Theilung, die Hevel von Hedraeus übernommen hat. Hevel benutzte seine Theilungen in der Weise, daß er erst den Grad und die Minuten an der äußeren Schneide der Alidade ablas, dann, je nachdem die Schneide die Transversale im 1., 2. etc. Ringe traf, im 1., 2. etc. Grade der Alidadentheilung die feinere



Hevel's großer horizontal drehbarer Quadrant von Günter, 1659 (1. Lage),
nach Hevel's Machina coelestis.





Hevel's großer horizontal drehbarer Quadrant von Günter, 1659 (2. Lage),

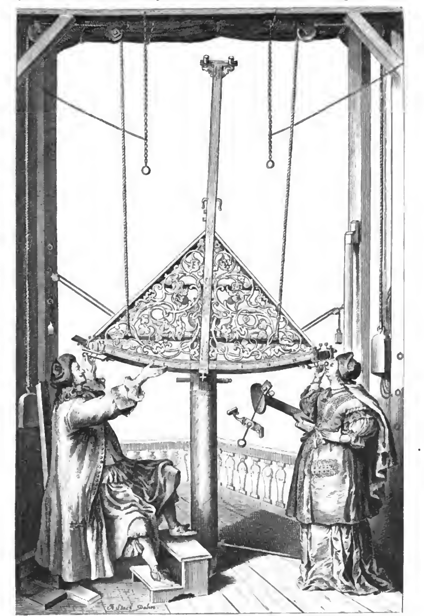
nach Hevel's Machina coelestis.



Hevel's großer Messing-Sextant von Günter, 1658,

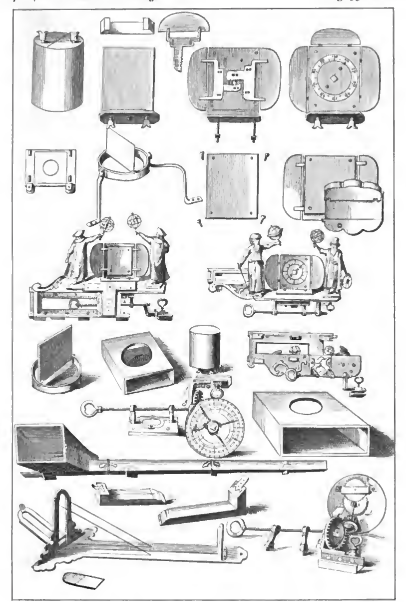
nach Hevel's Machina coelestis.





Hevel's großer zweitheiliger Messing-Octant von Günter, 1659,
nach Hevel's Machina coelestis.

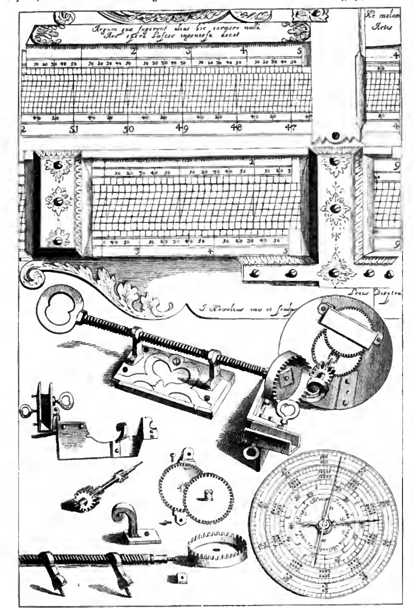




Hevel's Visire, Directorien und Blendvorrichtungen.

nach Hevel's Machina coelestis.





Hevel's Theilungen und Directorium,

nach Hevel's Machina coelestis.



Ablesung machte. Bei großen Durchmessern begnügte sich Hevel mit Transversalen oder einfacher Strichtheilung (Hevel, 139). Uebrigens ist er der Meinung, daß der Astronom seine Theilungen selbst machen müsse (Hevel, 306).

Auch über seine Uhren spricht Hevel eingehend (Hevel, 360 ff.). Sonnen- und Wasseruhren hat er bald als ungenügend verworfen, dann, ebenfalls ohne befriedigende Erfolge, Räderwerke nach Tycho angewandt, von 1640 ab aber, nach Galilei, freischwingende Pendel zunächst ohne Zähl- und Triebwerk. Die große Weitläufigkeit des Nachzählens der einzelnen Pendelschwingungen veranlaßte ihn Anfang 1650 zu ernstlichen Abhülfeversuchen, die ihn endlich, allem Anschein nach selbständig, soweit brachten, daß das Pendel »se commoveret et temporum momenta sponte sua exac»tissime commonstraret« (S. 366). Hevel ließ dann nach diesem Versuche zwei Pendeluhren machen, von denen er die eine dem Könige von Polen verehrte, als dieser nach Danzig kam, die andere aber selbst behielt. Als diese beiden Uhren »sub manibus »artificis versabantur, necdum penitus erunt absoluta, accidit, ut clarus Hugenius »similia horologia anno 1657 adinveniret«. Auch Hevel ist danach als ein ernst zu nehmender Concurrent bei der Erfindung der Pendeluhr nicht abzuweisen.

Hevel berichtet noch über einen Projections-Apparat, mit Hülfe dessen er Sonnenzeichnungen ausgeführt hat, und über seine größeren Fernrohre mit selbstgeschliffenen Gläsern; von kleineren war schon die Rede. Wie diese, waren es keine Meßwerkzeuge, da sie nur rohe Aufstellungen hatten. Ein Teleskop von 60 f Länge konnte Hevel noch auf seinem Hause aufstellen, eins von 150 f erforderte aber natürlich besondere Vorkehrungen, deren später kurz gedacht werden wird. — Leider sind die Durchmesser der Objectivlinsen nicht angegeben. Man sieht aber aus dem großen Aufwand, den Hevel für seine Fernrohre machte, daß er für dieselben großes Interesse hatte. Um so mehr ist es zu verwundern, daß er es abwies, für seine Meßinstrumente Fernrohre zu verwenden, obgleich doch nicht bezweifelt werden kann, daß ihm der große Vorzug des astronomischen Fernrohres bekannt war. Aber freilich war Hevel mit einem so scharfen Auge begabt und hatte sich so sehr in seine Beobachtungsweise eingelebt, daß er ganz Ungewöhnliches leistete, und als Hevel ungebührliche Bemerkungen, die Hooke[1]) in der Londoner Royal Society über seine Beobachtungen machte, zurückgewiesen hatte und Halley[2]) in Folge dessen 1679 nach Danzig kam, um mit Hevel Vergleichsbeobachtungen anzustellen, konnte dieser den Beweis liefern, daß Halley an seinen schon mit Teleskopen versehenen Instrumenten nicht mehr Zuverlässigkeit erzielte, als er selbst mit seinen Dioptern.

In demselben Jahre noch ging Hevel's ganze, über mehrere Häuser hin gebaute Anlage mit den Instrumenten durch Feuer zu Grunde. Hevel, obgleich schon 68 Jahre alt, hatte noch den Muth, sich neu einzurichten; doch scheint er über einige kleinere Instrumente nicht mehr hinaus gelangt zu sein. Er starb 1687.

Hevel's Meßwerkzeuge sind denen Tycho's im Wesentlichen nachgebildet, zeigen aber gegen diese einen merklichen Fortschritt. Sie müssen durchweg mit größerer Sorgfalt entworfen und hergestellt worden sein, das Holz ist fast ganz verbannt, bei

[1]) Robert Hooke, Freshwater 1635 — London 1703, Secretair der Royal Society.

[2]) Edmond Halley, Haggerston 1656 — London 1742.

den Metallen wird schon Rücksicht auf ihre verschiedene Ausdehuung genommen, deshalb Eisen und Messing nicht in großen Flächen mit einander verbunden; es wird besser Gleich- und Gegengewicht gehalten, die Bewegungsvorrichtungen sind vollständiger und theilweise als richtige Mikrometer zu betrachten; auch die Theilungen sind feiner. Hevel war gewiß sehr geschickt, erfindungsreich und ausdauernd, und ein vorzügliches Auge hatte den ihm angeborenen Sinn für Genauigkeit in ungewöhnlichem Maaße ausgebildet; er scheint aber auch an seinem Wolfgang Günter und Anderen, die er nicht mit Namen anführt, eine tüchtige, sachverständige Hülfe gehabt zu haben.

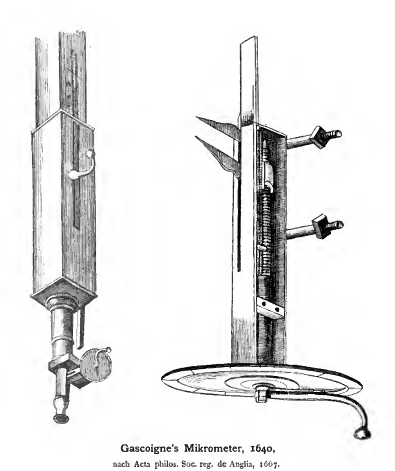
Es muß noch hervorgehoben werden, daß Hevel schon 1637 sein »Polemoskop« hergestellt hat, ein aus zwei Linsen und zwei Planspiegeln zusammengesetztes Teleskop, in der ausgesprochenen Absicht, dadurch eine Verkürzung des Fernrohres herbeizuführen und zugleich im Kriege den Feind aus gedeckter Stellung beobachten zu können (S. 434 und Hevel, Selenographia, 26). Dort macht er auch darauf aufmerksam, daß durch Anwendung sphärischer und parabolischer Spiegel weitere Vortheile zu erlangen sein würden. —

Es ist sehr zu bedauern, daß Hevel so wenig wie der Landgraf von Hessen Schule gemacht hat, auch Tycho nur in geringem Maaße, und daß ihnen keine unmittelbaren Nachfolger erwuchsen. Bei dem Landgrafen erklärt sich dies aus seiner Stellung als Landesfürst, der gewissenhafter Weise die Erfüllung seiner Regierungspflichten seiner Liebe zur Wissenschaft vorgehen ließ. Diese ging, wenn auch in geringerem Maaße, auf seinen Sohn Moritz über; aber auch hier wirkten die Pflichten hemmend und ließen bald einen Stillstand eintreten. — Tycho hatte Schüler, unter denen sich Longomontan[1]) und Tengnagel[2]) auszeichneten; aber es ist begreiflich, daß man sich in Prag nicht mit demselben Eifer, wie früher, den Instrumenten widmete, weil sie nicht genügend aufgestellt waren. Longomontan ging 1600 nach Dänemark zurück und ist dort noch lange astronomisch thätig gewesen; Tengnagel aber hat bald nach Tycho's Tode den Dienst der Astronomie aufgegeben. Als dann nach dem Ankauf der Instrumente durch den Kaiser die Sperre über diese verhängt wurde und es so sehr an Mitteln zur Fortführung der Arbeiten fehlte, daß die Kaufsumme nur zur Hälfte einging und selbst Kepler sein Gehalt durch eine Reihe von Jahren nicht erhalten konnte, da verliefen sich natürlich auch die übrigen Beobachter. — Hevel aber scheint Schüler nicht gesucht zu haben, wenngleich er sie wohl, wie z. B. Kirch[3]), nicht abgewiesen hat. Er war auch darauf wenig angewiesen, da er in seiner zweiten Gattin eine tüchtige Gehülfin bei seinen Beobachtungen fand und daher der Mitwirkung Fremder nicht bedurfte. So mußte die Thätigkeit dieser drei ersten größeren Sternwarten in Mitteleuropa mit ihren Begründern aufhören. Erst als ähnliche Anstalten in Form von Staatsgründungen ein von einzelnen Personen weniger abhängiges Bestehen erhielten, erlangten sie die Beständigkeit, die auch einer weiteren Fortbildung der Meßwerkzeuge förderlich sein mußte. Zugleich aber

[1]) Christen Sorensen, Longborg in Jütland 1562 — Kopenhagen 1647, gen. Christianus Severin Longomontanus.

[2]) Franz (oder Sebastian) Tengnagel, Westphalen 1573 — Prag oder Wien 1636.

[3]) Gottfried Kirch, Guben 1639 — Berlin 1710, erster Astronom der Berliner Akademie.



Gascoigne's Mikrometer, 1640,
nach Acta philos. Soc. reg. de Anglia, 1667.

beschränkte sich beim Bau derselben der Einfluß der Astronomen mehr und mehr auf die Angabe neuer Anforderungen, während die Durchführung im Einzelnen den Leitern besonderer berufsmäßig arbeitender Werkstätten zufiel.

10. Generini und Gascoigne, Picard und Auzout.

Eine weitere Ausnutzung des Fernrohres, als durch bloße Betrachtung oder Projection (Scheiner), begann mit der Einführung fester Marken, Gitter oder Fäden in der Brennebene des Objectivs, die dem astronomischen Fernrohre erst seinen besonderen Werth giebt. Nach einer von Zach aufgefundenen Handschrift war es Francesco Generini[1]), »scultore ed Ingegnere del Gran Duca di Toscana«, der zuerst beachtete, daß die Genauigkeit im Messen durch die Anwendung von Fernrohren an den Instrumenten wesentlich gesteigert werden müßte (Lindenau **4**, 6 ff.). Generini sagt: »Perciò le dette squisite minuzzie delle Tavole de Sini, e le sottili, e artificiose gra»duazioni degli stromenti non vagliano, dove la vista minutamenti non distingue. »Pertanto avemo stimato necessario applicare a gli stromenti in luogo dil loro Tra»guardo (Diopter), il Telescopio«. Von Fäden oder Gittern im Brennpunkte wird nicht geradezu gesprochen, aber ohne solche war die wesentliche Steigerung der Genauigkeit nicht erreichbar, und es muß wohl angenommen werden, daß Generini irgend ein Oculardiopter als selbstverständlich beibehalten hat. Zach schätzt den Zeitpunkt dieser Neuerung auf ca. 1630.

Ueber die Anwendung von Fäden in der Brennebene eines Fernrohres wird ausdrücklich berichtet in den »Philosophical Transactions« von 1717, (**30**, 604 f.), wo Derham[2]) einen bisher unbekannten Brief von Gascoigne[3]) an Crabtree[4]) über diesen Gegenstand mittheilt. Gascoigne schreibt am 24. December 1641: »I am fitting my »Sextant for all manner of Observations by two Perspicills with Threads«, und nach Flamsteed[5]) hatte »magnus ille Mechanico-Astronomus« sogar schon im August 1640 mit Benutzung eines Schraubenmikrometers im Felde eines Fernrohres ein neues wichtiges Meßwerkzeug eingeführt (Flamsteed **3** Proleg., 94/5), das freilich auch erst spät bekannt geworden ist, als es galt, die Priorität dieser Erfindung zu wahren. Im November 1667 wird in den »Acta philos. soc. reg. in Anglia, auctore H. Oldenburgio« eine von Hooke verfaßte Beschreibung dieses Apparats für Distanzmessungen gegeben, den Gascoigne in dem Fernrohr eines fünffüßigen eisernen Quadranten angebracht hatte. Er war folgendermaßen eingerichtet [**Fig. 55**]: In einem langen Gehäuse von viereckigem Querschnitte dreht sich ein der Länge nach durchgehender Schaft mit Kurbel und Theilscheibe. Das Gehäuse ist quer durch die Wände eines viereckigen Fernrohres gepaßt, so daß es in dessen Wänden gleiten kann. Der Schaft ist mit zwei Gewinden versehen, von denen das eine doppelt so grob ist, wie das andere. Auf dem groben Schraubengange geht eine Mutter, die durch

[1]) Francesco Generini, 1593—1663.
[2]) William Derham, Stoughton 1657 — Upminster 1735, Pfarrer.
[3]) William Gascoigne, Middleton 1621? — Marston Moor 1644.
[4]) William Crabtree, Broughton 1620? — 1652.
[5]) John Flamsteed, Derby 1646 — Greenwich 1719.

einen Stift am Rundlaufen verhindert ist und einen bis in die Mittellinie des Fernrohres reichenden Zeiger trägt. Bei Drehung der Schraube wird sich also dieser Zeiger in der Längenrichtung der Schraube fortbewegen, und zwar gegen einen zweiten, ähnlichen Zeiger hin, der an dem Gehäuse selbst befestigt ist. Um nun diese beiden Zeiger, mit denen in der gemeinsamen Brennebene der Objectiv- und der Ocularlinse gemessen werden soll, bei Bewegung der Schraube in gleichen Abständen von der Mitte (der optischen Achse) zu halten, geht das feinere Gewinde des Schaftes in einer mit dem Fernrohr verbundenen Mutter, so daß der Schaft, während er mit seinem groben Gewinde den beweglichen Zeiger nach rechts bewegt, sich selbst mit dem Gehäuse und dem daran befestigten zweiten Zeiger um halb so viel in der feinen Mutter nach links bewegt. Die Zeiger konnten auch durch zwei Bügel mit Fäden ersetzt werden. Nach Flamsteed (Flamsteed **3** Proleg., 95) kam das Mikrometer nach Gascoigne's frühem Tode in Townley's[1]) Hände, zugleich auch seine Schriften. Townley verbesserte das Mikrometer, »unam addidit cochleam ad idem praestandum quod Gascoigne duabus praestiterat«. Die Schraube mit zweifachem Gewinde wäre danach auf Townley zurückzuführen, und sie macht ihm alle Ehre.

Es ist aber das Verdienst Auzout's[2]) und Picard's[3]), unabhängig von Gascoigne und Generini nicht nur das Fernrohr an ihren Meßwerkzeugen eingeführt und ausgiebig benutzt, sondern auch das Schraubenmikrometer zur Geltung gebracht zu haben. Die in der Beobachtungskunst erreichte Genauigkeit muß dadurch wesentlich gefördert worden sein, denn La Lande[4]) sagt (La Lande § 2309): »jusqu'alors Boulliaud[5]) et »Gassendi, nos meilleurs observateurs, s'étaient contentés de faire des observations à »l'estime et avec des instrumens grossiers«, und Aehnliches mag für Deutschland und England gegolten haben. – Picard und Auzout benutzten 1666 zunächst für Mond- und Planetenbeobachtungen ein Schraubenmikrometer (Auzout, 98 ff.), dessen Einrichtung für viele spätere als Vorbild diente **[Fig. 56]**. Dieses bestand aus einem in das Fernrohr eingeführten, normal zur Absehlinie liegenden Rahmen mit einer Anzahl fester Fäden und, darin gleitend, einem zweiten Rahmen mit einem Faden, der durch eine Schraube mit Theilkopf von außen bewegt werden konnte. Picard hat diesen noch sehr unvollkommen ausgeführten Apparat (Auzout, 103) zunächst so benutzt, daß er nach Einstellung eines der festen Fäden auf das eine, des beweglichen auf das andere Object, das Ganze aus dem Rohr nahm, um den Abstand der beiden Fäden unter einem einfachen Mikroskope mit einem Maaßstabe zu vergleichen; er brauchte also die Schraube nur zum Einstellen, nicht zum Messen. Auzout hat den Apparat dann so verbessert, daß man unmittelbar mit der Schraube messen konnte[6]).

[1]) Richard Townley, lebte in Lancastershire.

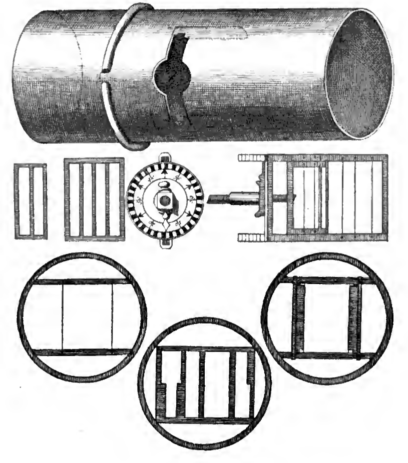
[2]) Adrien Auzout, Rouen 1640? — Rom 1691.

[3]) Jean Picard, La Flèche in Anjou 1620 — Paris 1682.

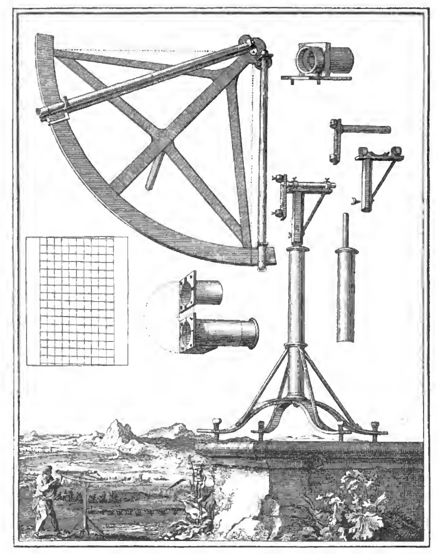
[4]) Jérôme Le Français (La Lande), Bourg-en-Bresse 1732 — Paris 1807.

[5]) Ismael Boulliaud (auch Boulliau), Laudun 1605 — Paris 1694.

[6]) Picard erwähnt bei dieser Gelegenheit die vielbenutzte Methode zur Bestimmung der Vergrößerung eines Mikroskops, nach der man von zwei gleichen Theilungen die eine mit dem linken Auge ohne Glas in normaler Sehweite (8 par. z) betrachtet, die andere mit dem rechten im Mikroskop, und dann eins dieser vergrößerten Theile mit dem direct gesehenen Maaßstabe zur Deckung bringt und abzählt. Es gehören dazu gleichsichtige, annähernd normale Augen und etwas Uebung.



Auzout's Mikrometer, 1666,
nach Auzout in Mém. Paris avant 1699.



Picard's Quadrant, 1669,
nach Picard in Mém. Paris avant 1699.

Es entstanden noch viele andere in der Brennebene astronomischer Fernrohre zu verwendende Meßvorrichtungen. De Divini in Rom gebrauchte 1649 ein Fadennetz bei Zeichnung einer Mondkarte (Wolf § 391). Huygens benutzte 1658 (Huygens **3**, 594) einen Blechkeil, den er z. B. seitlich soweit vorführte, daß er eine Planetenscheibe gerade verdeckte; er maaß dann an der benutzten Stelle die Breite des Keils, die in Bezug auf die Brennweite 2. tang ½ des zu messenden Winkels ergab; das entspricht ganz der Anwendung des Cylinders am Stabe der Alten. Malvasia[1]) in Bologna brachte 1662 ein Netz von Silberfäden in seinem Fernrohre an (Bailly **2**, 267). Im Jahre 1666 gab Pierre Petit[2]) im »Journal des Savans« (Bion **3**, 135) ein Mikrometer an, wo zwei parallele, durch ein gemeinschaftliches Zwischenrad mit Theilscheibe gleichzeitig bewegte Schrauben gleicher Steigung jede eine Mutter fortführen; zwischen diesen beiden Muttern ist ein Haar gespannt. Es scheint das eine Vereinfachung sein zu sollen, kann aber nur zu Weitläufigkeiten führen. Kirch (Bion **3**, 144) wollte unmittelbar zwischen den in das Gesichtsfeld tretenden Spitzen zweier einander um 180° gegenüberstehenden Schrauben mit Theilköpfen messen. Hooke schlug um 1683/4 zwei an einer Zange um einen gemeinsamen Mittelpunkt bewegliche Fäden vor, die an einem festen, beide unter gleichem Winkel schneidenden Querfaden auf die zu messenden Objecte eingestellt werden; die so festgestellte Sehnenlänge war an einem dem Querfaden parallelen Maaßstabe vergrößert abzulesen. Oder er wollte gar an einem quer durch das Feld gehenden schmalen Maaßstabe unmittelbar Abstände messen. (Hooke, 497/8, auch Bion **3**, 138/9). Besonders zu bemerken ist noch ein Kreismikrometer von La Hire, auf Glas geritzt oder auf geöltem Papier gezogen (Bion **3**, 145).

Aber die meisten dieser sogenannten Mikrometer können mit dem einfachen Schraubenmikrometer den Vergleich nicht aufnehmen und wurden wohl für besondere Zwecke geschaffen.

Als erste mit Theilungen versehene Instrumente, an denen Fernrohre verwandt wurden, ließ Picard 1667 einen Quadranten von $r = 9^f\, 7^z$ und einen Sextanten von $r = 6^f$, beide von Eisen mit aufgelegter Messing-Theilungsplatte herstellen (Le Monnier, S. VI), von 1669 an benutzte er aber den Quadranten von $r = 36^z$ und den Sector von $r = 10^f$, die für die »Mesure de la Terre« dienten. Sie sind aus Eisen in einfacher, zweckmäßiger Form mit Rippenverstärkung hergestellt, für die Theilfläche ist Messing aufgelegt. Der Quadrant (Picard, 36) trägt ein festes Fernrohr an dem einen Endschenkel und ein zweites an einer Alidade, die mit einem Silberfaden zur Ablesung der Transversaltheilung auf Minuten versehen ist; durch eine Loupe werden Viertelminuten erreicht **[Fig. 57]**. Die Alidade kann am Rande geklemmt werden, eine Stellvorrichtung ist aber nicht angegeben. Im Schwerpunkte tritt ein Zapfen vor, um den der Quadrant an einem eisernen Fuße mit vier Stellschrauben horizontal oder vertical drehbar gehalten und geklemmt werden kann. Bei senkrechter Stellung wird ein vom Mittelpunkte herabhängendes Loth benutzt, die Fernrohre gehen deshalb beide nicht durch den Mittelpunkt. Der Quadrant läßt sich zum

[1]) Cornelio Malvasia, Bologna 1603—1664.

[2]) Pierre Petit, Bourges 1598 — Lagny s. Marne 1667.

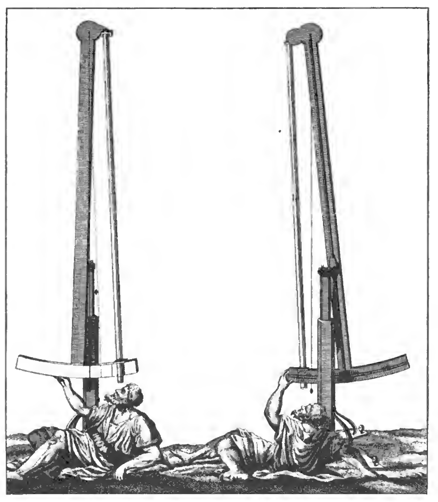
Zwecke der Bestimmung des Nullpunktes in die obere und untere Lage bei horizontalem Fernrohr bringen. Das Fernrohr soll beide Male auf denselben Gegenstand eingestellt werden und das Loth einmal vom Mittelpunkte herab vor der Theilung, das andere Mal von der Theilung herab vor dem Mittelpunkte hängen, und durch verschieden hohe Aufstellung des Quadranten in den beiden Lagen wurde für unveränderte Höhe des Fernrohres Sorge getragen. Die Mitte zwischen den beiden von dem Lothe verdeckt gewesenen Theilungspunkten giebt den wahren Nullpunkt. — Diese Quadranten wurden hauptsächlich zum Trianguliren, aber auch für Polhöhenbestimmungen gebraucht.

Für Nivellirungen benutzte Picard ein besonderes Werkzeug, dem er den Namen »Niveau« zuerst beigelegt zu haben scheint; denn in seiner »Mesure de la Terre« (Picard, 16) spricht er von demselben nur als »un instrument propre à observer le niveau«, später, im »Traité du nivellement« (Picard, 246) bezeichnet er es als »l'instrument appellé niveau«: im Wesentlichen ein Fernrohr, das in einem leichten Gestell auf Gegenstände in der Nähe des Horizontes eingerichtet werden kann, mit einem herabhängenden geschützten Loth; eine kleine Theilung hinter dem Lothe giebt die verschiedenen Neigungen an.

Für scharfe Breitenbetimmungen bediente sich Picard eines 10-füßigen Sectors **[Fig. 58]**. Dieser umfaßt 18° (Picard, 38 ff.) und ist im Allgemeinen den Quadranten ähnlich eingerichtet. Die Berichtigung der Absehlinie zur Theilung wird aber hier durch Beobachtung eines zenithnahen Sterns in beiden Lagen bewirkt. Der Sector ist auf $^1/_3$ Minuten abzulesen. Die Beobachtungen am Sector müssen recht schwierig gewesen sein, theils der unbequemen Lage, theils der schwerlich ausreichenden Sicherheit der Aufstellung wegen.

Die Basismessungen, welche Picard im Anschluß an seine Messungen mit den soeben besprochenen Instrumenten auszuführen hatte, wurden mit vier Holzstäben (bois de pique) von je zwei Toisen Länge ausgeführt, die zu je zweien an den dicken Enden durch einen Schraubenbolzen mit einander verbunden waren (Picard, 7); wie De la Condamine[1]) darin den Grund einer starken Veränderlichkeit der Länge finden kann, ist nicht verständlich, um so weniger, da der Bolzen recht wohl von Holz sein konnte (Condamine, 249). Diese Stangen, die nach einer Schnur auf dem Erdboden an einander gelegt wurden, haben besonderes Interesse, weil Picard, um zu vermeiden, daß es seiner Normal-Toise ergehen möge, wie den meisten alten Maaßen, daß nämlich nur der Name übrig bleibe, sie binden wollte an ein »original, lequel estant tiré de la Nature mesme, doit être invariable et universel« (Picard, 9). Dazu bestimmte er die Länge des einfachen Secundenpendels mit Hülfe einer an einem Seidenfaden (später an einem Aloëfaden, um von der Feuchtigkeit der Luft weniger abhängig zu sein) aufgehängten Kupferkugel, deren Schwingungszeit er nach zwei durch Sonnen-Durchgangsbeobachtungen controllirten Pendeluhren auf 1^s brachte. Er fand die Länge $3^f\,8^1/_2{}^l$, mit einiger Veränderlichkeit je nach der Jahreszeit, aber nach seiner Schätzung auf Zehntellinien sicher, und glaubt, diesen Fehler vernachlässigen zu dürfen. Das Doppelte dieser Länge galt Picard als seine Toise, für die er den Namen »Rayon astronomique« vorschlägt; sie verhielt sich zur alten Toise de Paris, wie 881:864.

[1]) Charles Marie De la Condamine, Paris 1701—1774.



Picard's Sector, 1669,
nach Picard in Mém. Paris avant 1699.



11. Die Akademie in Paris und Cassini.

Die besonders von Auzout befürwortete Gründung der »Académie des Sciences« in Paris, im Jahre 1665, und die Erbauung der Sternwarte dort (C. Wolf, 2 ff.) hatten nicht einen so unmittelbaren Einfluß auf die beobachtende Astronomie, wie zu vermuthen wäre. Denn diese Stiftungen wurden ohne ein festes Ziel ins Leben gerufen und hatten keine einheitliche Leitung. Louis XIV. versammelte eine Anzahl hervorragender Gelehrten um sich, wohl mehr zur Vermehrung des Glanzes seines Hofes, als aus eingehendem Interesse für die Wissenschaften. Es wurden ihnen Gehälter ausgesetzt und Arbeitsräume zur Verfügung gestellt; aber es richtete sich Jeder nach seinem Belieben ein. Auch war das Observatoire ursprünglich nicht allein für astronomische Forschungen bestimmt, sondern auch für die übrigen Fächer der Naturwissenschaft. Als aber 1669 Cassini[1]) berufen und mit besonderen Ehren empfangen worden, als man ihm 1671, kurz darauf auch Picard, im Observatoire eine Wohnung eingeräumt hatte, spielte die Astronomie dort bald die Hauptrolle. Doch war weder Cassini, noch Picard, die einander als Akademiker coordinirt waren, mit dem 1667 begonnenen und 1669 schon halb aufgeführten Bau zufrieden, und zwar aus verschiedenen Rücksichten. Denn Picard verfolgte mit Eifer die Verschärfung der Meßinstrumente, um sie für systematisch durchgeführte Beobachtungen zu benutzen, und vermißte im Observatoire dafür geeignete Räume. Cassini dagegen wollte eine Gnomon-Anlage nach dem Vorbilde des Lochgnomons in Bologna, der ihn früher viel beschäftigt hatte, und, für Planeten-Beobachtungen, möglichst große Fernrohre, die auch den Vorzug boten, das Interesse des Königs am ehesten zu fesseln; später führte er die von Picard begonnenen Vermessungen in großem Style fort.

An den Plänen des Observatoire wurden noch einige Aenderungen beschlossen: der Bau ging aber langsam voran und wurde erst gegen 1682 vollendet (C. Wolf, 116). Picard hatte sich inzwischen 1671 zur Bestimmung des Längenunterschiedes Paris-Uranienburg, mit allem Nöthigen versehen, nach der Insel Hveen begeben (Picard, 63 ff.). In Kopenhagen wurde er mit dem jungen Römer[2]) bekannt, der ihm dann bei seinen Beobachtungen behülflich war und und nach beendigter Arbeit bereitwillig auf Picard's Vorschlag einging, ihn nach Paris zu begleiten.

Von den Beobachtungsräumen wurden 1673 einzelne vollendet; zunächst die für Picard bestimmten. Er stellte dort seine früher benutzten Quadranten auf, für deren Berichtigung eine ferne Mire errichtet wurde; für Durchgangsbeobachtungen soll er eine »lunette murale« angewandt haben (C. Wolf, 138). Von Seiten Cassini's kam ein großer Quadrant von Gosselin, getheilt von Lebas, hinzu »en attendant la »construction d'un semblable instrument« (Cassini, 296). Schon 1671 (C. Wolf, 141) hatte Cassini bei Gosselin zwei Octanten von $r = 6^f$ bestellt, von denen Richer[3]) den einen auf seiner Reise nach Cayenne benutzen sollte, während an dem anderen gleich-

[1]) Giovanni Domenico Cassini, Perinaldo 1625 — Paris 1712.
[2]) Olaus Römer, Aarhus 1644 — Kopenhagen 1710.
[3]) Jean Richer, 1640? — Paris 1696.

zeitig in Paris beobachtet wurde. Als zweites Instrument nahm Richer einen Quadranten von $r = 2\frac{1}{2}$ f mit, den Picard früher benutzt hatte (Richer, 5 ff.)[1]).

Im Jahre 1678 ließ Cassini von Migon ein »Azimutal« herstellen, ein Instrument mit einem Horizontal- und einem Verticalkreise, also ein Altazimuth, von dem aber später nicht wieder die Rede ist; da nur 387 frcs. dafür bezahlt wurden, kann man zweifeln, ob es wirklich fertig geworden ist (C. Wolf, 147). Cassini ließ auch, unter Aufsicht seines Assistenten Couplet[2]), ein »véritable Equatorial« machen, ähnlich dem Heliotropium Scheiner's, und nannte es »Machine parallatique«; es ist auch die Rede von einem anderen mit einem Horizontal-, einem Aequinoctial-, einem Stundenkreis und einem Declinationsbogen, auch mit Uhrwerk. C. Wolf[3]) (S. 149) bemerkt dazu: »A quelles »époques furent construits ces divers instruments? Il est difficile de le préciser«. In einer Randbemerkung, die sich gegen Grant's Ausspruch in seiner »History of physical Astronomy«, (London 1852, S. 465): »Roemer was the first person, who constructed »an altitude and azimutal circle« wendet, fügt er aber hinzu: »Roemer ne quitta »l'Observatoire de Paris qu'en 1681, il avait donc vu l'azimutal construit par Migon en »1678 et aussi les équatoriaux de Cassini«. Es ist hierzu zu bemerken, daß man, wie schon angeführt, an der Vollendung des Azimutal zweifeln darf und daß dies auch von den Equatoriaux gilt, da von ihnen nicht wieder die Rede ist; übrigens ist eine parallaktische Aufstellung mit Uhrwerk schon 1674 von Hooke angegeben worden (unten S. 67).

Als »constructeurs« dieser Zeit nennt C. Wolf (S. 137), außer den schon Genannten, Sevin, etwas später Guerne und Tanguy, dann Lagny[4]); es waren geschickte Waffenschmiede (armuriers). Noch wird Chapotot, und als Uhrmacher Thuret angeführt. Gosselin und Thuret waren angestellt als »officiers ayant gages pour entretenir les instruments et horloges de l'Académie à l'Observatoire«. — Die Gläser zu den Fernrohren wurden theils von den Akademikern selbst, wie Huygens, Auzout, Borel[5]), theils in Frankreich von Pasquin, Ph. Le Bas, in Holland von Hartsoeker[6]), in Italien von Campani und de Divini hergestellt.

12. Römer.

Römer beschäftigte sich während seines Aufenthaltes in Paris zunächst mit vielerlei technischen Anlagen, sogar mit Springbrunnen und pyrotechnischen Kunststücken für den Hof, deren Ausführung er wohl nicht ablehnen konnte (Horrebow, 6). Als eins der

---

[1]) Richer wandte bei dieser Gelegenheit ein eigenthümliches Verfahren an, die Mittagslinie zu bestimmen (Richer, 49). Er beobachtete die Sonnenhohe am Vormittage des 21. Juni, also nahe vor dem Solstitium, mit dem Quadranten und zeichnete zugleich auf einer wagerecht hergerichteten Steinplatte den Schatten eines am Quadranten hängenden Lothfadens. Am Nachmittage wartete er dieselbe Sonnenhöhe ab und zeichnete wieder den Fadenschatten nach. Mitten zwischen die beiden Schattenlinien zog er dann die Meridianlinie.

[2]) Clande Antoine Couplet, Paris 1642—1722, Prof. math.

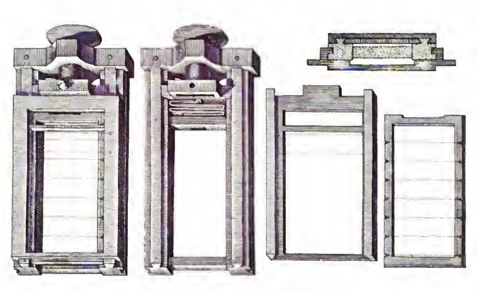
[3]) Charles Wolf, Vorges in Aisne 1827.

[4]) Thomas Fantet de Lagny, Lyon 1660 — Paris 1734, Prof. hydrog.

[5]) Pierre Borel, Castres in Languedoc 1620? — Paris 1689, Arzt.

[6]) Nicolaus Hartsoeker, Gouda 1656 — Utrecht 1725.

Fig. 59
(zu Seite 47).



Römer's Mikrometer, 1672,

nach Horrebow, Basis Astronomiae III.

ersten seiner astronomischen Meßwerkzeuge entstand aber schon 1672 sein Mikrometer [Fig. 59]. Es ist dem von Picard und Auzout benutzten ähnlich; Römer behauptet indeß, von diesem nichts gewußt zu haben (Horrebow, 110ff.). Es zeichnet sich vor demselben auch dadurch vortheilhaft aus, daß der todte Gang der Schraube durch eine Gegenfeder aufgehoben ist. Für die Ablesung der Schraube ist nur sehr einfach gesorgt: durch einen Einschnitt in den Gängen, an dem man die ganzen Umgänge und einen an der Mutterfläche gezogenen und in 10 Theile getheilten Kreis, an dem man Unterabtheilungen ablas. Man darf aber Römer's Versicherung glauben, daß er die Ablesung leicht hätte verbessern können.

Das zweite Instrument Römer's, »Amphidioptra« genannt, wurde 1675 der Akademie vorgelegt. Es bestand aus einem Rohre, das an beiden Enden mit einer Linse versehen war. Der Abstand der Linsen war so bemessen, daß ihr gemeinschaftlicher Brennpunkt in der Mitte lag. Man konnte also in einer geraden Linie vor- und rückwärts visiren, indem man von der einen und der anderen Seite durchsah. Diese Anordnung scheint bei einem 1682 von Picard und La Hire auf der Sternwarte Paris hergerichteten Quadranten angewandt worden zu sein (Horrebow, 96); bei Römer's Instrumenten wiederholt sie sich nicht.

Um 1676 stellte Römer sein Gitterrohr (tubus cancellatus) her (Horrebow, 81): ein Rohr mit 6-füßiger Objectivlinse und einem aus 13 senkrechten und 13 wagerechten Seidenfäden bestehendem Netze vor dem Ocular. Die äußeren Fäden hatten einen Abstand, der ca. 32′ entsprach, und das Fadennetz sollte dazu dienen, danach Beobachtungen an der Mondoberfläche zu machen. Um nun bei allen Mondabständen die leuchtende Scheibe gerade innerhalb des Fadennetzes halten zu können, war in dem Fernrohre eine zweite Linse, von 5^f Brennweite, angebracht, die nach außen an dem Rohre angebrachten Theilstrichen auf die geeignete Stellung berichtigt werden konnte. Die Netzöffnung ließ sich durch diese verschiedenen Einstellungen von 29′ bis auf 35′ bringen.

In Paris ließ Römer dann noch 1677 sein »Jovialium« und 1680 sein »Planetarium« herrichten, die uns nicht beschäftigen werden, und kehrte 1681 nach Kopenhagen zurück. Er erhielt als »königlicher Mathematiker« ein Lehramt für höhere Mathematik und wurde daneben in Angelegenheiten des Münzwesens, des Wasserbaues und des Leuchtfeuerbetriebes häufig als Sachverständiger in Anspruch genommen; 1687 wurde er sogar von seinem Könige nach England, Frankreich und Belgien gesandt, um diese Sachen dort eingehend zu studiren. Nach seiner Rückkehr erhielt er neue Aemter, muß aber daneben doch mehr Zeit gewonnen haben, sich der Astronomie zu widmen, denn 1690 entstanden seine Hauptinstrumente.

Seit Tycho war die astronomische Thätigkeit in Dänemark nur gering gewesen. Trotz des betrübenden Abschlusses der Herrlichkeit auf Hveen hatte König Christian II. sich durch Longomontan bewegen lassen, 1632 mit dem sogenannten »runden Thurm« in Kopenhagen eine neue hervorragende Sternwarte in Angriff zu nehmen; der Bau wurde aber erst 1656, nach Longomontan's Tode, beendigt. Es waren dort dann, außer dem allein von Prag zurückgekommenen großen Globus Tycho's, ein 6-füßiger Sextant, von Holz mit Transversaltheilung auf Messing, den Longomontan nach Tycho hatte herstellen lassen, sowie ein Azimuthal-Quadrant aus Messing von $r = 18^z$, nach In-

schrift von Johannes Steenwinkel, einem Architecten Tycho's angefertigt, 1596 aufgestellt worden (Horrebow, 21), und endlich ein 4-füßiger Octant von 1655, den ein jüngerer Longomontan gemacht hatte; aber benutzt wurde die Sternwarte nicht. Erst Römer brachte Leben hinein, als er 1690 dort seine »Machina aequatorea« und seine »Machina azimuthalis« aufstellte; zugleich ließ er für sein Haus ein Meridian-Instrument, seine »Machina domestica«, herstellen, für dessen Ausführung er schon in Paris vergeblich Gelegenheit gesucht haben soll. Ueber alle berichtet Horrebow[1]) in seiner »Basis astronomiae«; man kann dabei nicht immer Horrebow und Römer aus einander halten, hat aber doch den Eindruck eines treuen Berichtes.

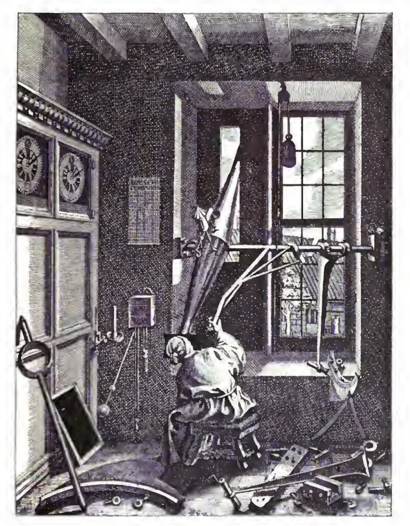
Mit diesen Instrumenten schlug Römer völlig neue Bahnen ein. Er legte für die Fixsternbeobachtungen den größten Werth auf die Bestimmung der Rectascension und der Declination, wie es schon Wilhelm von Hessen gethan hatte. Es lag aber auf der Hand, daß die Hauptbedingung für einen guten Erfolg solcher Beobachtungen, eine möglichst sicher und unveränderlich in der Meridianebene erfolgende centrische Drehung eines Fernrohres, weit besser, als durch die Drehung eines Quadranten oder einer Alidade um einen kurzen Zapfen und an der Peripherie, durch eine an den Enden in festen Lagern gehende lange Achse zu erreichen ist. Dafür hatte Römer den richtigen Blick, und er verfuhr danach, und zwar ohne eigentliches Vorbild; man müßte denn etwa den Sextanten von Meragah, oder die Armillen-Instrumente, oder die Grienberger-Scheiner'sche parallaktische Aufstellung dafür ansehen.

Bei seiner 1689 entstandenen »Machina domestica«, (Horrebow, 49) führte Römer dementsprechend eine in der Richtung Ost-West horizontal in zwei Endlagern liegende Achse ein, an welcher in rechtem Winkel ein Fernrohr und daneben ein Theilungsbogen befestigt war **[Fig. 60]**. Die Achse, von 5^f Länge und $1\frac{1}{2}^z$ Durchmesser, war am Orte des Fernrohres ringförmig erweitert, um die Absehlinie durchgehen zu lassen und dem Fernrohre Anschluß zu gewähren; Achse und Fernrohr waren mit Zinn verlöthet. Die Endzapfen der Achse waren conisch, um in den auf richtigen Abstand gebrachten Lagern ohne Schlotterung zu gehen. Hinter dem Objectiv, von 5^f Brennweite, hatte das Rohr eine Durchbrechung, damit man in dunklen Nächten die Fäden durch hinter das Objectiv geworfenes Licht sichtbar machen konnte. Eine Lampe hing zu dem Zwecke am Rohre selbst und konnte durch eine vom Ocular her bewegliche Blende regulirt werden. Der Gradbogen hatte 75° Länge, $r = 30^z$, war auf Messing in 10′ getheilt und wurde in einem feststehenden Mikroskope abgelesen. Auch dieses war eine Neuerung; Römer liebte die Transversalen und Verniers nicht, nahm statt deren ein Mikroskop mit 11 festen Fäden im Brennpunkte seines Oculars und von solcher Vergrößerung durch das Objectiv, daß die 10 Intervalle der Fäden genau ein Theilungsintervall von 10′ am Bogen ausfüllten und las also die Minute direct ab. — Um das Fernrohr nicht durch die Hand zu beeinflussen, war eine besondere Handhabe an der Achse angebracht, und diese trug einen kleinen Behälter für Bleistift, Kreide etc. Das Fadennetz am Ocular hatte 10 Durchgangsfäden in je 34^s Abstand und 3 Declinationsfäden von gewachster Seide (Filia bombycina adglutinata.).

Die Anordnung des Instruments war theilweise durch die Oertlichkeit bedingt,

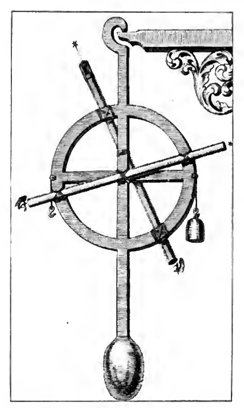
---

[1]) Peter Horrebow, Lögstör (Jütland) 1679 — Kopenhagen 1764.

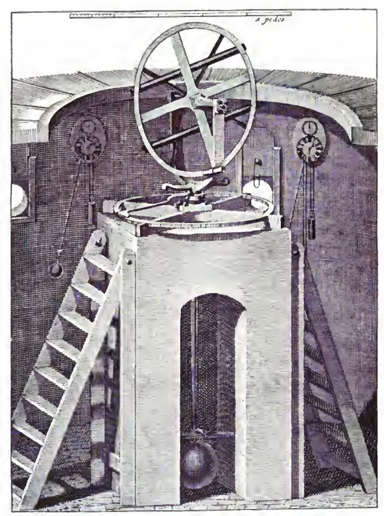


Römer's Machina domestica, 1689,

nach Horrebow, Basis astronomiae III.



Römer's Perpendiculum correspondentium, 1689,
nach Horrebow, Basis astronomiae III.



Römer's Machina azimuthalis, 1690,

nach Horrebow, Basis astronomiae III.

denn es sollte sich in einer Fensteröffnung drehen, und das Fernrohr mußte deshalb nahe dem einen Ende der Achse sitzen. Dennoch hatte sie eine so starke Biegung, daß Römer dieser durch ein Gegengewicht zu begegnen für nöthig hielt. Man sieht, das Ganze war ein erster Versuch mit mancherlei Mängeln; immerhin bietet dieses erste Durchgangs-Instrument großes Interesse. Es wurde nach Römer's Tode auf den runden Thurm gebracht und ist 1728 dort mit 14 Bänden Beobachtungen verbrannt.

Zur Prüfung der richtigen Lage der Achse und des Fernrohres hatte Römer einen besonderen Hülfsapparat erdacht, ein Pendel für correspondirende Höhen (Perpendiculum correspondentium, Horrebow, 55): eine Eisenstange, oben zu einem Haken umgebogen, weiter abwärts zu einem großen Ringe erweitert und unten mit einem beträchtlichen Gewichte verbunden **[Fig. 61]**. Der Haken war zu einer Spitze angeschärft, die senkrecht in einer harten, an einem Wandträger befestigten horizontalen Platte ruhte und ein genaues Einspielen des Pendels nach der Richtung der Schwere gestattete; an dem Ringe waren zwei (oder mehr) Fernrohre befestigt, für deren Feldbeleuchtung durch eine Oeffnung hinter dem Objectiv gesorgt war; das Licht hielt der Beobachter in der Hand. Die Fäden (acht wagerechte, ein senkrechter) waren gut ausgerichtet. Mit diesem Apparate wurden nun die Zeiten correspondirender Höhen eines Sternes zu beiden Seiten des Meridians beobachtet, und die Mitte der Zeiten mußte mit der inzwischen am Meridian-Instrument selbst beobachteten Durchgangszeit übereinstimmen, wenn es berichtigt war. Es genügten aber offenbar zwei Sterne, einer nahe dem Zenith, der andere nahe dem Horizont, um die Collimation des Fernrohres und das Azimuth des Instruments zu bestimmen, da die Drehungsachse als senkrecht angenommen werden durfte. Römer benutzte überdies einen Kunstgriff, um die Schärfe der Methode zu steigern. Er legte über den Ring ein Seil, an jedem Ende mit einem Haken zum Anhängen eines Gewichtes versehen, das so bemessen war, daß es die Lage des Fernrohres um ca. 25′ in Declination änderte. Er begann dann die Beobachtung, nachdem das Gewicht an der Objectivseite angebracht worden war. Sobald die 8 Durchgänge beobachtet waren, nahm er das Gewicht ab, um dann wieder 8 Durchgänge zu nehmen, und erhielt endlich weitere 8, während das Gewicht an der Ocularseite hing. So erhielt man 24 Durchgänge an jeder Seite.

Die Aufhängung eines ganzen Instruments, um es gewissermaßen durch seine Masse selbst als Loth wirken zu lassen, ist eigenthümlich, in roherer Weise freilich schon bei den alten Astrolabien und dem astronomischen Ringe benutzt. Es ist wohl kein Zweifel, daß das Perpendiculum correspondentium etwas schwierig anzuwenden gewesen sein mag; in Bezug auf Zuverlässigkeit der automatischen Einstellung steht es aber im Princip gewiß den auf Quecksilber schwimmenden Instrumenten der Neuzeit nicht nach, und Römer hat schon sehr wohl bemerkt, daß sein Apparat gegen Zugluft geschützt werden mußte. Es ist zu beachten, daß Horrebow mit demselben seine so berühmt gewordene Methode der Polhöhenbestimmung zuerst in Anwendung gebracht hat.

Das gleiche System automatischer Lothberichtigung findet sich in dem Azimuthal-Instrument (Machina azimuthalis) angewandt (Horrebow, 43) **[Fig. 62]**. Es hat keine feste Flächen- oder Achsendrehung im Azimuth, sondern hängt in einem conischen Messinglager auf einem hohlen Mauerpfeiler, und zwar mit einem kugeligen, in dem Lager frei

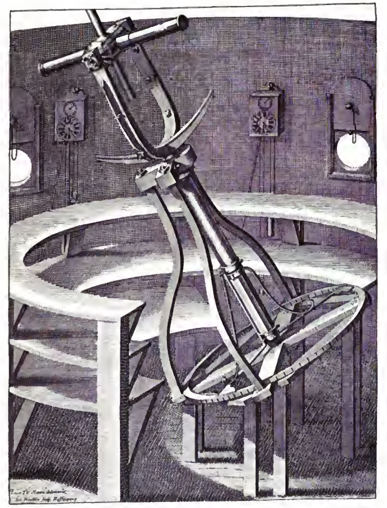
beweglichen und drehbaren Vorsprunge einer langen senkrechten Stange, die oben in einen Lagerbock für die horizontale Achse ausläuft, unten aber das sehr schwere, die Richtung gebende Gewicht trägt. Der Lagerbock ist symmetrisch aufgebaut und trägt die Lager für die obere Achse mit einem Messingkreise von $3^f\ 4^z = 1{,}05^m$ Durchmesser[1]) in der Mitte und an dem Kreise zwei parallele Fernrohre, beide mit einfachem Fadenkreuze. Die Zapfen der Achse sind etwas conisch und gehen in vollen, von außen aufgesteckten Lagern, wie bei der Machina domestica. Am Lagerbocke befinden sich zwei Handgriffe und ein Mikroskop mit 11 Fäden zur Ablesung der 10'-Theilung in Punkten. Der auf dem Pfeiler liegende Horizontalkreis von gleicher Größe ist in 10° getheilt und wird an einem von dem Lagerbocke ausgehenden Gradbogen von 10° Länge, in 4' getheilt, abgelesen. — Ein schwacher Punkt dieses Instruments ist die Art der Aufhängung, in so fern die Reibung in der Kugelschale schwerlich empfindlich genug sein konnte, während in der Spitze des Perpendiculum correspondentium die Reibung unschädlich war. Im Uebrigen ist dieses Azimuthal-Instrument ein ausgesprochenes Vorbild der neueren Universal-Instrumente und hat sich im Wesentlichen bewährt. Neu ist besonders der volle Verticalkreis im Gegensatz zu den bisherigen Quadranten.

Die Machina aequatorea (Horrebow, 39ff.) nennt Horrebow die »Schwester« der Machina azimuthalis, und in der That ist der obere Theil ähnlich; nur hat sich Römer hier mit einem in 10° getheilten Gradbogen für Declination begnügt, den er durch ein das 3-füßige Fernrohr rechtwinklig kreuzendes Mikroskop mit den bei ihm üblichen 11 Fäden abliest **[Fig. 63]**. Der (eiserne) Gradbogen dient zugleich als Handhabe zum Einstellen. Der $3^f\ 10^z$ große Stundenkreis von Messing ist auf einem eisernen Aufbau befestigt, dessen Oberfläche parallel dem Aequator liegt und in der Mitte ein Lager für die lange Polachse enthält; drei kräftige Streben halten ein oberes Lager nahe unter dem Lagerbocke der Declinationsachse. Der Kreis ist in 24 Stunden getheilt und wird an einem mit der Achse drehenden Bogen von 1^h Länge, in Minuten getheilt, abgelesen. Es ist noch ein zweiter ähnlicher, doch an der Achse verstellbarer Bogen vorhanden, um auch Rectascensionen einstellen zu können. Aus der Zeichnung ist ohne Weiteres ersichtlich, daß dieses Instrument sehr unbequem gewesen sein muß; mit zunehmender Länge der Fernrohre mußte es von selbst hinfällig werden. — Diese Zwillingsinstrumente sind von 1690.

Viel später als dieser Beobachtungs-Apparat im runden Thurme, 1704, entstand Römer's »Observatorium tusculanum«, welches er sich der größeren Bequemlichkeit und der durchsichtigeren Luft wegen auf seinem Landsitze herrichten ließ. Es enthielt nur zwei Instrumente: seine »Rota meridiana« und das »Instrumentum aequinoctiorum«.

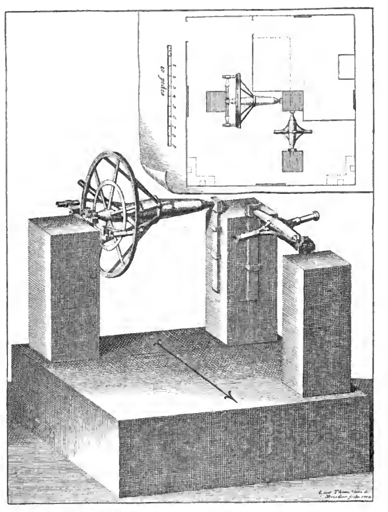
Wenn man die Rota meridiana (Horrebow, 157) mit der Machina domestica vergleicht, so kann man nicht zweifelhaft darüber sein, daß Römer darin, auf Grund seiner Erfahrungen, ein vollkommeneres Instrument herzustellen bemüht war **[Fig. 64]**. Der Achsenkörper wurde aus Eisenblech durch harte Löthung oder Schweißung (axes . . e bracteis ferreis conflati sunt) in beträchtlichem Durchmesser hergestellt und lief in

[1]) Horrebow giebt seine Maaße nach dänischen = rheinl. Fußen, von denen 1 f = 313,85 mm.



Römer's Machina aequatorea, 1690,
nach Horrebow, Basis astronomiae III.





Römer's Rota meridiana und Instrumentum aequinoctiorum, 1704,

nach Horrebow, Basis astronomiae III.

massiven Endstücken aus; die Zapfen hatten, wie früher, die conische Form und gingen in vollen Messinglagern, von denen das eine in Höhe und seitlich zu berichtigen war. Der Theilungsbogen wurde aufgegeben und ein Vollkreis eingeführt, $5^f 8^z$ im Durchmesser; der Theilreif ist von Messing, durch Löthung mit dem eisernen Radkörper verbunden und auf der Achse überdreht.

Römer verlangte (Horrebow, 36), daß der Beobachter selbst seine Theilungen besorgte, damit er für ihre Zuverlässigkeit einstehen könne, und erwartete eine genügende Genauigkeit nur von einer in sich zurücklaufenden Kreistheilung. Er bediente sich zur Theilung auch des einfachsten Apparats, weil er sich von solchem die größte Sicherheit versprach, und zwar bestand dieser aus zwei scharfen runden Stahlspitzen, die in dem geeigneten Abstande mit einem gewachsten Faden fest gegen ein Holz gebunden wurden; durch einen kleinen Messingkeil wurde die letzte Berichtigung bewirkt. Dann zog Römer auf der Theilfläche eine Anzahl leichter, concentrischer Kreise und machte auf einem derselben mit seinem festen Zirkel einen Rundgang, der natürlich das erste Mal schwerlich richtig auf den Ausgangspunkt zurückkam. Nach und nach berichtigte er seinen Zirkel mehr und mehr und machte neue Rundgänge auf anderen Kreislinien, war indeß zufrieden, wenn die Theilung annähernd zutraf. Denn er legte mehr Werth darauf, daß die Intervalle unter sich gleich wurden (mit Ausnahme des letzten), als daß sie den beabsichtigten Winkelwerth genau darstellten, da er das Maaß des Fehlers am Nullpunkt bestimmen und in Rechnung bringen konnte. Voraussetzung für das ganze Verfahren war allerdings ein weitgehendes Vertrauen auf die Sicherheit und Feinfühligkeit der Hand. Die gelungene Reihe wurde vor den Versuchsreihen durch Bezifferung ausgezeichnet. Die Theilung war in Punkten von 10'—10' hergestellt; die Ablesung geschah durch zwei Mikroskope mit den üblichen 11 Fäden. Die Zeichnung zeigt die beiden Mikroskope in 180° Abstand. Nach der Beschreibung wären sie Anfangs für zwei verschiedene der Punktreihen bestimmt gewesen; nachdem aber die eine sich als gut erwiesen, sei nur diese benutzt und mit beiden Mikroskopen, aber in 10° Abstand abgelesen; damit wäre, wie es scheint aus Bequemlichkeitsgründen, ein Fortschritt wieder aufgegeben worden, der freilich nicht voll ausgenutzt worden wäre, weil zwei verschiedene Punktreihen eingestellt werden sollten. Einen besonderen Vorzug der Ablesung durch Mikroskope sah Römer mit Recht darin, daß die Theilung durch die Benutzung nicht beschädigt wurde, wie es bei Verniers auf die Dauer kaum zu verhüten ist. — Das Fernrohr, von 5^f Länge, bestand aus einem engen cylindrischen Rohre, das mit dem Kreise durch Zinnlöthung verbunden war. Das Fadenkreuz hatte 3 wagerechte und 7 senkrechte Fäden in je 24^s Abstand; die Mittelfäden waren durch eingeschlagene Knoten ausgezeichnet, daher vermuthlich Seidenfäden. Das Fadennetz diente zugleich als Scala, indem nach Bruchtheilen der Abstände geschätzt wurde, und man benutzte dieses Hülfsmittel besonders an einer Meridianmarke (Horrebow, 158). Im Uebrigen wurde auch hier das Perpendiculum correspondentium benutzt.

Während die Machina domestica das Vorbild der englischen Durchgangs-Instrumente geworden ist, stellt die Rota meridiana den ersten Meridiankreis dar. Es ist auffällig, daß die bei der Machina azimuthalis eingeführte und in der Achse der Rota ebenfalls angenommene Symmetrie hier nicht auch in Betreff der Lage des Fernrohres aufrecht erhalten ist. Römer hatte aber, da lange Mikroskope

noch nicht üblich waren, zu wählen zwischen Mittellage des Fernrohres (und Trennung desselben von dem Theilkreise) und der von ihm ausgeführten Einrichtung; bei den damaligen Hülfsmitteln hatte er vielleicht Recht, so zu wählen, wie er gethan hat. Es fällt noch das Fehlen einer Klemmvorrichtung und Feinstellung auf; doch ist zu beachten, daß die vollkommenere Gewichtsausgleichung, die bei solchem in Bezug auf die Drehungsachse symmetrischen Instrumente leicbt zu erreicben ist, und die leichtere, gleichmäßige Zapfendrehung beides weniger nöthig machte, als bei den Quadranten, und daß für einen feinfühligen Beobachter ein leichtes Klopfen so gut wie eine Mikrometerschraube wirkt. Die Klemmungen haben überdies später Unheil genug gemacht.

Daß Römer Werth auf die symmetrische Gestaltung der zwischen zwei Pfeilern gehenden Instrumente legte, zeigt das zweite der beiden in seinem Tusculum hergerichteten, die Machina aequinoctiorum, ein einfaches von Ost nach West aufgestelltes Durchgangs-Instrument mit $3\frac{1}{2}$-füßigem Fernrohre in der Mitte der Achse, das zur Beobachtung der Aequinoctien dienen sollte unter Voraussetzung der unveränderten Lage des Instruments von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. Es ist kaum benutzt worden, weil die Aufstellung der beiden Instrumente an drei Pfeilern, von denen der eine Beiden dienen mußte, sich als unzweckmäßig erwies. Sie störten sich gegenseitig in der Lage, was allerdings in Folge der conischen Zapfen, die ein Auseinanderdrängen der Pfeiler mit sich brachten, wohl unvermeidlich war.

Auch diese beiden Instrumente sind nach Römer's Tode auf den runden Thurm gebracht worden und dort 1728 zu Grunde gegangen, leider wieder mit zahlreichen Beobachtungen, von denen nur die dreier Tage durch Zufall gerettet wurden.

Es ist ein glücklicher Umstand, daß Horrebow uns nach treuem Gedächtniß durch Zeichnung und Beschreibung über alle diese Instrumente unterrichtet, mit denen Römer, nachdem einmal nach Einführung der Fernrohre die alten Constructionen sich als nicht mehr ausreichend erwiesen hatten, neue Wege gezeigt hat; ihre Zweckmäßigkeit ist durch eine Dauer von zwei Jahrhunderten bestätigt worden. Je mehr die Fernrohrlängen wuchsen, desto mehr zeigte sich die Unmöglichkeit, mit den Sectoren-Instrumenten zu folgen, und man mußte an Mittel denken, in anderer Weise die Schärfe der Winkelmessungen zu steigern. Römer hat vielleicht selbst nicht ganz übersehen können, welch guten Griff er im Besonderen mit Einführung der ganzen Kreise that, aber er konnte wohl keinen besseren machen. Denn es ist kein einfacherer und zuverlässigerer Weg zur scharfen Prüfung einer Bogentheilung denkbar, als der durch den vollen Umkreis von 360°, und es zeigte sich bald, daß man nie auf vollkommene Theilungen rechnen darf, also, um die höchste Genauigkeit zu erreichen, immer auf die Bestimmung der Fehler oder ihre Elimination durch die Beobachtungsmethoden angewiesen bleibt. In ähnlichem Maaße sind die Ersetzung der Bewegung an kurzen Zapfen und großen Flächen durch Drehung langer Achsen in zwei getrennten Lagern, die Einführung der Ablesemikroskope, die Beachtung möglichster Symmetrie und die weiter fortgebildete Rücksichtnahme auf Prüfung der Instrumente, wie sie sich in der Benutzung von Meridianmarken und des Perpendiculum correspondentium zeigt, von großer Bedeutung geworden.

Auch Römer's Mahnung, die Sternwarten nicht »ad pompam magis, quam ad

»usum« zu bauen und sie den Instrumenten, nicht diese dem Gebäude, anzupassen (Brf. an Leibnitz 15./12. 1700, Horrebow, 154), ist sehr wichtig und wird doch leider noch jetzt oft vernachlässigt.

Der runde Thurm wurde nach dem Brande wieder als Sternwarte hergerichtet, und Horrebow ließ auch eine Rota meridiana und eine Machina aequatorea, beide ganz nach den alten Mustern, wieder herstellen; aber die Anstalt verlor mehr und mehr die Bedeutung, die Römer ihr gegeben hatte. Auch sollte es lange währen, bis man an anderen Orten seinem Beispiele folgte, obgleich Bessel[1]) später sagte (A. N. 3, 14): »Das eben genannte Werk (Horrebow's Werke III) enthält so viel Treff- »liches von Römer, daß ich es als eins der wichtigsten und besten Werke der prac- »tischen Astronomie ansehe, und diese Gelegenheit benutze, um darauf aufmerksam zu »machen, wie viel in der Beobachtungskunst schon zu Römer's Zeit hätte geleistet »werden können, wenn man nicht den von ihm betretenen Weg wieder verlassen hätte«.

Und dieser Weg war zu Bessel's Zeit noch kaum wieder betreten. — In Deutschland bestand seit Hevel keine Sternwarte von Bedeutung; es folgten dem Landgrafen von Hessen und Hevel keine vermögenden Liebhaber der Astronomie, und die politischen Verhältnisse ließen eine kräftige Hülfe von Seiten des Staats nicht zu, wie sie um 1666 in Paris durch Gründung der Académie des Sciences und in London durch Gründung der Royal Society sich aufgethan hatte. In Wien gründete man erst 1734 eine Universitäts-Sternwarte, in Berlin aber wurde zwar 1700 der Bau einer solchen beschlossen und 1711 auch der Thurm in der Dorotheenstraße fertiggestellt, aber die Ausrüstung blieb lange höchst unvollkommen, so daß noch 1751 Le Monnier[2]) (Descr., 42) seinen 5f-Quadranten schickte, damit in Berlin La Lande und am Kap der guten Hoffnung La Caille[3]) gleichzeitig Beobachtungen anstellen konnten.

In Frankreich, oder, was dasselbe ist, in Paris verhielt man sich gegen Römer's Neuerungen ablehnend. Nach dem »progrès que fit l'astronomie tout-à-coup en France »dès l'établissement de l'académie«, von dem Le Monnier berichtet (Le Monnier, 1), hatte man durch Einführung der nach Picard's Angaben gebauten Quadranten mit Fernrohren einen guten Schritt voran gethan und wollte sich den Erfolg nicht durch neue Versuche stören. — Doch vollzog sich ein weiterer Fortschritt von Bedeutung durch die 1661 von Thévenot[4]) in Paris gemachte Erfindung der geschlossenen Röhren-Libelle, die bald dem alten Lothfaden Concurrenz machen sollte (V. J. S. **16**, 50). Die Franzosen übertrugen auf dieselbe die bisher für Picard's Nivellir-Apparat (oben S. 44) und ähnliche Werkzeuge benutzte Bezeichnung »Niveau«. — Die Berichtigung der inneren Form des Glasrohres durch Schleifen auf einem wenig gekrümmten Dorn scheint von Chézy[5]) eingeführt worden zu sein (Mém. de mathémat. etc., presentés à l'Académie, Paris 1768, S. 254ff.).

In England war es, wo Römer's Constructionen zuerst Anklang fanden. — Es scheint hier bis zur Zeit der kurzen, aber Erfolg versprechenden Thätigkeit Gascoigne's

[1]) Friedrich Wilhelm Bessel, Minden 1784 — Königsberg 1846.
[2]) Pierre Charles Le Monnier, Paris 1715 — Baieux 1799, Prof. phil.
[3]) Nicolas Louis de La Caille, Rumigny 1713 — Paris 1762, Prof. math.
[4]) Melchisédec Thévenot, Paris 1620—1692.
[5]) Antoine de Chézy, Châlons sur Marne 1718 — Paris 1798.

meist der Radius astronomicus zu Beobachtungen benutzt worden zu sein, und Flamsteed nennt in seinem historischen Rückblicke in den Prolegomena seiner Historia coelestis keinen früheren englischen Astronomen von Ruf. Doch wird um 1635, z. B. von Horrocius[1]), ein kleiner Quadrant zu Breitenbestimmungen benutzt (Horrocii Opuscula astron., 1673, S. 341). Mit Flamsteed erst beginnt die Glanzperiode der Astronomie in England, und seine Nachfolger führten Römer's Durchgangs-Instrument wieder ein.

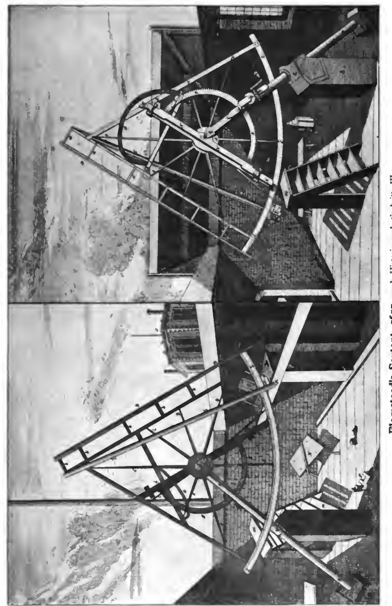
13. Flamsteed und Halley. Einführung des Durchgangs-Instruments.

Flamsteed hatte 1671 in Derby angefangen, sich mit astronomischen Beobachtungen zu beschäftigen, kam dann 1675 nach London, wo der ihm bekannte Jonas Moore[2]), »organum bellicorum curator generalis«, die Erbauung einer Sternwarte im Interesse der Schifffahrt angeregt und dem Könige Flamsteed als Leiter derselben vorgeschlagen hatte (Flamsteed **3**, Proleg. 102).

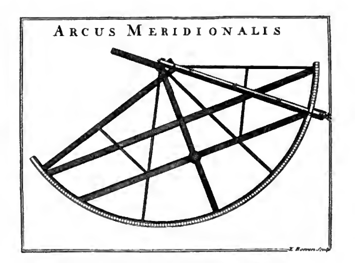
Der Bau kam auch in Greenwich zu Stande, aber an Mitteln für Instrumente fehlte es. Flamsteed bezog im August 1676 die Sternwarte mit seinen eigenen Instrumenten (Flamsteed **3**, Proleg. 103 ff.): zwei Fernrohren, einem von 15^f und einem von 7^f Brennweite, Gascoigne's Mikrometer, das durch Townley in seine Hände übergegangen war, und einem kleinen Quadranten; überdies hatte er sich mit Jonas Moore's Beihülfe einen 81^z-Sextanten hergestellt, zunächst von Holz, später aber von Eisen, mit Messing-Theilbogen in 5' und Transversalen; in den Umfang des Sextanten war das Muttergewinde für eine mit Theilscheiben versehene Mikrometerschraube geschnitten; man konnte also nach der Theilung oder mit der Schraube messen. Diese feineren Theile und die Fernrohre stellte der alte Uhrmacher Tompion her **[Fig. 65]**. Das Gerippe besteht aus 10 von einem massiven Mittelstück im Schwerpunkte gegen den Sector und die beiden Endradien verlaufenden Speichen; neben dem einen Endradius ist durch besondere Streben ein Parallelglied hergestellt, an dem ein festes, sehr dünnes Fernrohr in solchem Abstand befestigt ist, daß für den Fall der Messung des Abstandes zweier nahen Sterne zwei Beobachter neben einander die Oculare erreichen können. Die Aufstellung ist parallaktisch, doch von eigenthümlicher Art. Die lange, unterhalb des Instruments liegende Polachse dreht sich in zwei festen Lagern und läuft oben in einem Gelenk aus, in dem sich ein langer, starker Träger um seine Mitte bewegen läßt. An diesem Träger sind in gleichen Abständen vom Gelenkzapfen zwei Lager angebracht, in denen ein langer, quer über das Sextanten Gerippe gelegter und mit demselben fest verbundener Querbaum drehbar ist. Er liegt parallel zum festen Fernrohr und gestattet also diesem eine Bewegung ohne Richtungsänderung annähernd concentrisch zum Zapfen, also eine Positionsdrehung, während die Drehung in der Gabel eine Declinationsänderung giebt. Beide Bewegungen sind durch je einen Zahnbogen und eine Kurbel zu bedienen; nur die für Declination ist aus der Zeichnung und Beschreibung zu ersehen, und zwar geschieht

[1]) Jeremias Horrox, gen. Horrocius, Toxteth 1619 — Liverpool 1641.

[2]) Jonas Moore, Whitbee 1617 — Godalming 1679.



Flamsteed's Sextant, 1677, nach Historia coelestis brit. III.



Flamsteed's Arcus meridionalis, 1683,

nach Historia coelestis britt. III.

sie hier durch ein Vorgelege mit Schraube ohne Ende. Die Stundenbewegung aber ist aus freier Hand zu machen; Klemmungen scheinen nicht vorhanden gewesen zu sein.

Dieser Sextant erwies sich im Gebrauche und namentlich für Beobachtungen im Meridiane als recht unbequem und unzureichend. Einen Quadranten, den Flamsteed bei seinem Amtsantritte erbeten hatte und der ihm auch versprochen wurde, konnte er nicht bekommen, da »quidam regiae Societatis frater, qui semper sua inventa magnopere ostentabat, quadrantem illum machinari obnixe voluit«. Der Frater (R. Hooke ?) setzte auch durch, daß ein Instrument nach seinen Angaben gemacht wurde; Flamsteed erklärte es aber für unbrauchbar und entschloß sich, auf eigne Kosten ein Meridian-Instrument herzurichten. Er entschied sich für einen fest aufzustellenden 1 ½-Quadranten (135°), fast von gleichem Radius wie der Sextant, $r = 79^z$ **[Fig. 66]**. Das Eisengerippe hängt mit dem obersten Radius an dem Mauerpfeiler. Die Meßvorrichtungen sind ähnlich denen des Sextanten, doch schwerer. Das Fernrohr ist mit einem Gegengewichte versehen. Die Theilung besorgte Flamsteed selbst und beobachtete damit 1683—7 (Flamsteed **3**, Prol. 107 ff.). Dabei entdeckte er verschiedene Schwächen in seinem Instrumente; er hatte es deshalb vom Pfeiler genommen und zerlegt, um Verbesserungen anzubringen, als eben (Anfang 1688) Abraham Sharp[1]) als Amanuensis eintrat, und diesem in mechanischen Constructionen wohl erfahrenen und sehr geschickten Manne überließ dann Flamsteed die Verbesserungen seines 1 ½-Quadranten, die erst nach 14-monatlicher Arbeit und mit 120 £ Unkosten erledigt wurden.

Auch eine neue auf 10" abzulesende Theilung mit Transversalen führte Sharp aus (Flamsteed **3**, Proleg. 111). Die Berichtigung in den Meridian besorgte Flamsteed nach correspondirenden Höhenbeobachtungen an einem 4f-Quadranten. Der 1 ½-Quadrant konnte umgehängt werden, von der West- zur Ostseite des Pfeilers, und der Nullpunkt wurde, nach Lindenau[2]), durch Beobachtung desselben Sternes in beiden Lagen gefunden (Lindenau **2**, 209). Flamsteed hat sich durch fast 30 Jahre mit großer Sorgfalt dieses Instruments bedient, das Lindenau das vorzüglichste der damaligen Zeit nennt (Lindenau **2**, 208).

Zu Flamsteed's Zeit machte sich in der Royal Society der schon genannte R. Hooke vielfach bemerkbar mit Projecten, die oft hergesucht und ungenügend durchgearbeitet waren, wie es sich allerdings daraus erklärt, daß er schon 1662 als besoldeter »Curator« der Royal Society die Verpflichtung übernommen hatte, »to furnish »them every day, when they met, with three or four considerable experiments«. Da mußte er wohl professioneller Erfinder werden. Von seinen beiden Ocularmikrometern und seinem verfehlten Versuch in Greenwich ist schon die Rede gewesen. Von Interesse ist ein frühzeitiger Versuch von 1680, einen Winkelmesser mit einem festen Spiegel vor dem Objectiv, der durch einen drehbaren Spiegel halb verdeckt wird, herzustellen (Hooke, 503). Auch sind der Hooke'sche Schlüssel (= Compaßgelenk, Animad., 72/3) und der Vorschlag, schräg geschnittene Zahnungen zu verwenden (Animad., 71), zu erwähnen.

[1]) Abraham Sharp, Little Horton 1651—1742.

[2]) Bernhard von Lindenau, Altenburg 1780—1854.

Nach Flamsteed's Tode (1719) fand sein Nachfolger Halley keins der Instrumente in der Sternwarte Greenwich vor; sie waren von Flamsteed's Erben fortgenommen, welche sie als ihr Eigenthum in Anspruch nahmen. Erst 1722 erhielt Halley (Lindenau **2**, 214/6) ein 5-füßiges Fernrohr von Hook (vielleicht ein Optiker dieses Namens, R. Hooke, der Erzerfinder, war schon 1703 gestorben) und stellte es, Römer's Beispiel folgend, zwischen zwei Pfeilern, um eine horizontale Achse im Meridian drehbar, auf. Dieses oder wenigstens ein ähnliches Instrument, das »a meridian telescope« genannt wird, beschreibt R. Smith[1]) in seinem »Complete system of Opticks«, (**2**, 321) **[Fig. 67]**. Die Brennweite ist nahe dieselbe, auch die Haltung des Rohres an einem flachen, in zwei Zapfen auslaufenden Messingträger läßt auf die Verwendung eines vorhandenen Rohres (des Hook'schen) schließen. Dagegen giebt Smith das Rohr in Mitte der Zapfen an, wohl als selbstverständliche Verbesserung für spätere Fälle, während Halley es des Raumes wegen hatte einseitig setzen müssen, wie auch Römer in seiner Machina domestica. Eine wichtige Neuerung ist das beigegebene Hängeniveau zur directen Höhenberichtigung der Lager, die mit den nöthigen Stellschrauben, auch für Azimuth, versehen sind. Ein Einstellkreis ist nicht vorhanden, auch keine besondere Stellvorrichtung; es wird anempfohlen, das leichtere Ende des Fernrohres durch einen unten mit Reibung gehaltenen Faden in die geeignete Stellung herunterzuziehen, oder sich anderweitig zu behelfen Dieses Instrument ist bis 1725 von Halley benutzt worden, hat dann aber, wie es scheint, hinter dem neuen 8'-Mauer-Quadranten Graham's[2]) zurückstehen müssen.

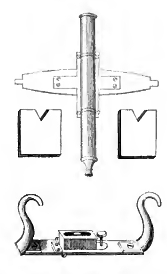
Ein anderer Versuch zu einem Durchgangs-Instrument wurde von Louville[3]) schon etwas früher (Mém. Par. 1719, 188) bekannt gemacht **[Fig. 68]**. Seiner sehr empfindlichen Bauart wegen hätte es wohl nie brauchbare Resultate geben können, und es scheint wenig Beachtung gefunden zu haben, zeigt aber doch eine bemerkenswerthe Einrichtung. Dieses »Instrument pour observer les ascensions droites« besteht nämlich aus zwei im rechten Winkel mit einander verbundenen viereckigen Fernrohren, von welchen das eine, die »lunette fixe«, mit zwei runden Zapfen in Lagern um eine horizontale Linie, die von Ost nach West zeigt, drehbar ist, so daß das andere, die »lunette mobile«, sich in der Ebene des Meridians bewegt. Die beiden Lager sind auf einer Brücke befestigt, die an dem einen Ende auf drei, am andern auf zwei leichten Füßen steht. Das bewegliche Rohr ist mit einem eingeschlossenen Lothfaden versehen; mit seiner Hülfe und nach Durchgangs-Beobachtungen bekannter Sterne soll das feste Rohr horizontal und von Ost nach West eingerichtet und dann nach einer fernen Mire in der Absehlinie controllirt werden. Die weiteren Berichtigungen sind nicht ganz verständlich; man soll umlegen, obgleich volle Lagerringe angegeben sind; der Dreifuß soll durch einen Pfeiler ersetzt werden, aber die Brücke, die eine senkrechte Stellung des beweglichen Rohres nicht zuläßt, scheint beibehalten werden zu sollen. Die Benutzung der Achse als Collimator bleibt aber eine Neuerung von Interesse.

Um gleich das Durchgangs-Instrument bis zur Zeit seiner endgültigen Einführung zu verfolgen, ist zunächst zu bemerken, daß Graham um 1730 das bei der Gradmessung

[1]) Robert Smith, ? 1689 — Cambridge 1768, Prof. math.

[2]) George Graham, Horsgills 1675 — London 1751.

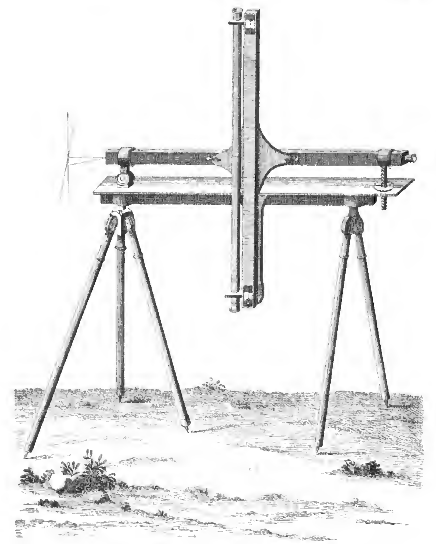
[3] Jacques Eugène Louville, Allonville 1671 — Carré 1732, Militair.



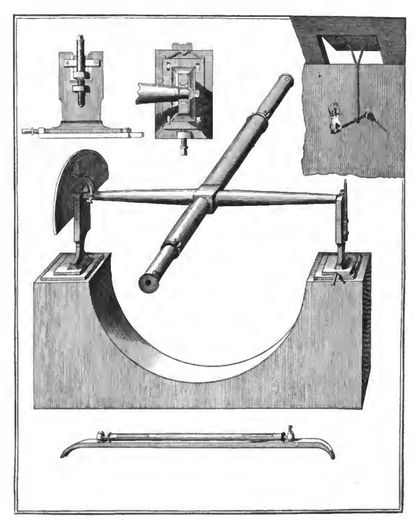
Halley's Meridian telescope, 1722,

nach Smith, Opticks.





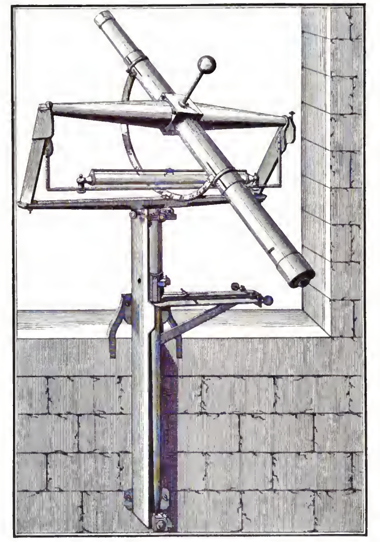
Louville's Instrument pour observer les ascensions droites, 1719,
nach Mém. Paris, 1719.



Durchgangs-Instrument von Graham, 1730,

nach La Lande, Astronomie.



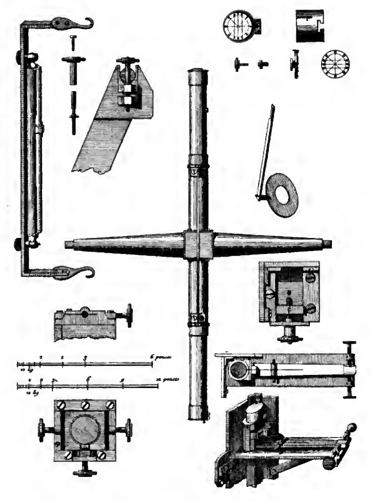


Le Monnier's Instrument des passages, 1737 (von Graham?),
nach Le Monnier, Histoire céleste, 1741.



Fig. 70^b

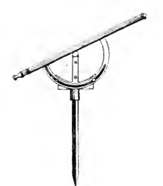
(zu Seite 57).



Le Monnier's Instrument des passages, 1737 (von Graham?),

nach Le Monnier, Histoire céleste, 1741.





Cotes' Instrument für correspondirende Höhen, um 1720,

nach Smith, Opticks.

in Lappland benutzte Instrument von 15² Brennweite herstellte. Le Monnier beobachtete damit 1736 in Kittis (Maupertuis, 39, Le Monnier, S. LXXV). Es war vermuthlich ähnlich dem von La Lande (§ 2388) beschriebenen von 1760. Es hatte 4^f Brennweite, ruhte in festen Lagern, hatte ein Setzniveau und einen Halbkreis am Ende der Achse, die Beleuchtung geschah durch eine auf besonderem Gestell vor dem Objectiv aufgestellte weiße Fläche **[Fig. 69]**. An diesem Instrumente gefiel es Le Monnier nicht, die Beobachtung correspondirender Höhen aufgeben zu müssen und fest an den Meridian gebunden zu sein, wie man auch später noch die Einrichtung des Durchgangs-Instruments in den Meridian als schwierig empfand. Er ließ deshalb 1737 ein anderes Instrument von 2^f Brennweite machen (von wem, ist nicht gesagt; die Formen lassen auf Graham schließen); er nennt es »instrument des passages« **[Fig. 70ᵃ, 70ᵇ]**. Die Lager sind auf einem gemeinsamen, um eine senkrechte Achse drehbaren Träger angebracht und laden einseitig nach Süden aus, so daß das Fernrohr senkrecht gestellt werden kann (Le Monnier, S. LXXV ff.). Die Achse in sich ist symmetrisch und hat in der Mitte einen Würfel; zwei Conen fallen zu den Zapfen hin ab. Das Fernrohr trägt einen Gradbogen und ein entsprechendes Gegengewicht. Am Ocular sind drei Durchgangs-Fäden mit Correction; für Berichtigung des Lagers und der senkrechten Achse ist gesorgt, und auch das Hängeniveau und die Feldbeleuchtung durch Spiegel vor dem Objectiv fehlen nicht. Die Einführung des drehbaren Lagerbockes kann nicht als eine Verbesserung angesehen werden, weil die Bauart des Instruments dafür viel zu leicht war. Le Monnier selbst ist denn auch später keineswegs befriedigt und scheint den Glauben an die Brauchbarkeit des Durchgangs-Instruments durch diesen verfehlten Versuch völlig verloren zu haben (Descr. 2 u. 36). Wollte Le Monnier zur Zeitbestimmung correspondirende Höhen beobachten, so hätte er besser ein einfaches Instrument verwandt, wie solche von Cotes[1]) und Hay angegeben wurden (Smith **2**, 328) **[Fig. 71]**: eine lange senkrechte, unten um eine Spitze, oben um einen Zapfen drehbare, durch Loth in der senkrechten Lage controllirte Welle, an welcher ein Fernrohr mit Gradbogen, oder auch ohne solchen, in die geeignete Höhe gestellt wurde.

Ein Durchgangs-Instrument von Sisson[2]) von $2{,}5^f$ Brennweite erhielt 1740 die Sternwarte Leiden (Annalen der Sternwarte Leiden, **1**); das erste größere und einigermaßen dauernd benutzte war aber das 8-füßige, welches Bird[3]) aus den 1748 für die Sternwarte Greenwich bewilligten Mitteln nach eingehender Berathung mit Bradley[4]) und Graham ausführte. Es wurde 1750 abgeliefert und 1772 durch Maskelyne[5]) in mehreren Punkten verbessert, besonders mit einem achromatischen Objectiv von Dollond[6]) und einem Ocularschieber versehen (Lindenau **2**, 226). Es wird, wie das 1773 von Bird nach Oxford gelieferte Durchgangs-Instrument, mit Gewichtsaufhebung durch Mahagoni-

[1]) Roger Cotes, Burbage 1682 — Cambridge 1716, Prof. astron.

[2]) John Sisson, 1690?—1760? Es muß zwei Sissons gegeben haben, da Pearson von »the Sissons« spricht.

[3]) John Bird, London 1709—1776.

[4]) James Bradley, Shireborn 1692 — Chalford 1762.

[5]) Nevil Maskelyne, London 1732—1811.

[6]) John Dollond, Spitalfields 1706—1761, Peter Dollond (des Vorigen Sohn), London 1730—1820.

Hängestangen eingerichtet gewesen sein, welche die 2,5ᶻ langen Zapfen unmittelbar angriffen; die eine Stange trug auch den Index des Aufsuchkreises (Observations Radcliffe Observatory, Oxford 1840, Introduction). Doch war das Instrument in Greenwich »slender and feeble« (Pearson **2**, 366) und wurde durch ein neues von Troughton[1]) ersetzt.

Uebrigens sei auf die gegen 1746 in Wien angewandte eigenthümliche Drehung eines Durchgangs-Instrumentes um einen aus der Wand frei vortretenden Zapfen hingewiesen (unten S. 62), die 1761 auch von d'Arquier[2]) in Toulouse benutzt wurde (Mém. de math. etc., présentés à l'Académie, Paris 1768, S. 367), sowie auf eine Bemerkung Bernoulli's[3]), nach welcher schon 1771 »wenig Sternwarten ohne ein Passagen-Instrument« waren (Bernoulli, Recueil 1771, **1**, 29).

14. Weitere Entwicklung des Quadranten.

Einstweilen waren indeß die Quadranten für Declinations-Beobachtungen in Gebrauch geblieben, und sie waren ja auch dafür unentbehrlich, solange kein Ersatz geschaffen wurde; sie dienten aber auch vielfach für Durchgangs-Beobachtungen. Es können von der großen Zahl dieser Instrumente nur die wichtigeren beachtet werden.

Gleichzeitig mit Flamsteed's 1½-Quadranten von 1683 wurde der nach Angaben von Picard und La Hire gebaute 5ᶠ-Quadrant in Paris aufgestellt, von dem nur bekannt ist, daß er jenem »à peu près semblable« gewesen ist (Le Monnier, Projet, 3; C. Wolf 139/40). Da sie zu gleicher Zeit entstanden, ist kein Grund vorhanden zu der Annahme, daß der eine dem anderen wesentlich als Muster gedient hätte[4]).

Im Jahre 1714 versah Louville seinen Quadranten mit einem Ocularmikrometer, um damit die Beobachtung im Allgemeinen zu verschärfen, während Mikrometer bis dahin meist nur für directe Distanzmessungen benutzt worden zu sein scheinen. Er stellte die Alidade auf den nächst passenden Punkt der Theilung ein und maaß dann mit der Mikrometerschraube den Abstand des Gestirns von der Mitte, deren Beziehung zum Nullpunkt des Mikrometers bekannt sein mußte (Mém. Par. 1714, 65 ff.); es war dies im Wesentlichen dasselbe Verfahren, welches Hevel mit seinem Directorium anwandte. Das Mikrometer wird von Godin[5]) beschrieben (Mém. Par. 1731, 196 ff.), der ein ähnliches verwendet. Es unterscheidet sich nicht wesentlich von den früheren nach Auzout; doch wird der todte Gang besser aufgehoben, und die ganzen Umgänge werden an einer geraden Theilung abgelesen.

Eine eigenthümliche Einrichtung giebt Godin seinem fest aufgestellten Quadranten durch einen Spiegel, den er in 45° vor das Objectiv steckte, um durch 180°

[1]) Edward Troughton, Corney 1753 — London 1835.

[2]) Augustin Darquier (?) de Pellepoix, Toulouse 1718—1802.

[3]) Johannes Bernoulli, Basel 1744 — Köpenick 1807, Dir. Obs. Berlin.

[4]) Le Monnier sagt freilich (Le Monnier, Projet, 3): »Cet instrument, proposé tant de fois par »MM. Picard et Roemer, et autant de fois abandonné . . . . fut enfin arrêté dans le Plan du Méridien »par M. de la Hire au mois d'Avril 1683. Quelques années après M. Flamsteed a fait construire en »Angleterre un Arc à peu près semblable, dont il a commencé à se servir en 1689.« Flamsteed hat indeß nach seiner Historia coelestis (Prolegomena, 107/8) den Quadranten schon 1683 benutzt (vgl. oben S. 55).

[5]) Louis Godin, Paris 1704 — Cadix 1760.



Fig. 72
(zu Seite 59).



Halley's 8f-Mauer-Quadrant von Graham, 1725,

nach Smith, Opticks.





Graham's Vorrichtung zum Hobeln der Quadranten, nach Le Monnier, Description et usage.

beobachten zu können. Er bemerkt selbst, daß der Spiegel sehr genau angepaßt sein mußte (Mém. Par. 1733, 36f).

Waren Flamsteed's Instrumente noch unter seiner persönlichen, sowie besonders unter Sharp's Mitwirkung durch nach Bedarf hinzugezogene Werkleute stückweise zusammengebaut, so scheint der 1725 für Halley angefertigte Quadrant eins der ersten Instrumente zu sein, deren Anfertigung einem technisch vorgebildeten Fachmanne selbständig überlassen wurde. Tompion's Schüler Graham, der damals schon als Uhrmacher bekannt war, übernahm die Anfertigung des ganzen Quadranten, obgleich er nur die Theilung und die feineren Theile selbst ausführte (Smith, **2**, 332) **[Fig. 72]**. — Das Gerippe des Quadranten ist aus kreuz- und diagonalweise vernieteten Flacheisen hergestellt, mit dem anschließenden eisernen Bogen ist eine darauf liegende Messing-Theilplatte fest verbunden. Das Gerippe hängt an zwei vom Pfeiler vorspringenden Zapfen, von denen der eine fest in eine mit den Rippen verbundene Büchse paßt, der andere mit Höhenstellung versehen ist. Im Mittelpunkte des Bogens enthält das Gerippe eine massive Metallplatte mit einem centrischen cylindrischen Vorsprung, um den sich das Fernrohr mit seiner oberen, einen stählernen Halsring tragenden Fassung dreht, während sein unteres Ende sich am Quadranten führt. Die Bearbeitung der Theilfläche geschah in der Weise, daß der Quadrant flach liegend möglichst zwanglos festgelegt und in dem Mittel jenes Vorsprunges eine starke Eisenwelle aufgestellt wurde, die, oben in einem zweiten, an der Zimmerdecke befestigten Lager geführt, an einem gut versteiften horizontalen Arm ein Schneidwerkzeug über den Bogen hinführte, also eine primitive Hobelvorrichtung **[Fig. 73]**. Es war auch dafür Sorge getragen, daß zum Zwecke der Theilung des Bogens das genaue Mittel des Vorsprungs durch einen feinen Punkt dargestellt werden konnte, um von diesem aus die concentrischen Linien mit Hülfe eines Stangenzirkels zu ziehen (Smith **2**, 333). Der Radius gab dann auf einer dieser Linien zwei Punkte in 60° Abstand, und die, wieder mit Hülfe eines Stangenzirkels gefundene, Hälfte dieses Bogens gab von dem einen Endpunkt aus 30° und 90°. Jedes 30°-Intervall wurde in zwei Theile, je 15°, zerlegt, dann diese durch 3°- und 5°-Theilung in Grade, und wieder jeder Grad durch Zwei- und Dreitheilung in 5'. Es wurden eine Anzahl von Stangenzirkeln verschiedener Größe und für die kleineren Intervalle auch Federzirkel mit Stellschrauben benutzt. Um die Theilfläche zu schonen, wurde ein besonderer Hülfsbogen zu vorbereitenden Versuchen benutzt. Die so erhaltene Punkttheilung wurde schließlich zu einer Strichtheilung umgestaltet, indem man einen Zirkel zunächst mit der einen Spitze in einen der Theilpunkte setzte, dann in tangentialer Richtung ihn auf die andere Spitze stellte und nun mit der ersten Spitze einen Strich von dem Theilpunkte aus gegen eine innere Kreislinie zog, die der scharfen Kante des Verniers entsprach. — Bei der 90°-Theilung war eine Fünftheilung als Zwischenstufe nicht zu vermeiden. Da bei 96 Theilen aber mit Zwei- und Dreitheilung auszukommen ist, stellte Graham, um größere Genauigkeit zu erreichen, auf dem Quadranten noch eine zweite, in 96 Haupttheile zerlegte Theilung her.

Das Ocularende des Fernrohres führte sich zwischen zwei Rollenpaaren, einem festen und einem federnden, an dem Bogen. War gleich die Reibung in solcher Weise verringert, so wurde doch das Fernrohr zur Vermeidung einer schädlichen Biegung durch ein leichtes Strebewerk verstärkt und das Ocularende durch ein am Pfeiler in

besonderen Lagern bewegliches Hebelwerk mit Gegengewicht im Gleichgewicht erhalten. Zur eigentlichen Führung und Einstellung des Fernrohres am Quadranten diente eine an dessen Umfange gleitende und festklemmbare Backe, die durch eine Stellschraube mit dem Fernrohr verbunden war. — Dieser Quadrant hing an der Ostseite des Pfeilers; es war ein zweiter gleicher Art für die Westseite bestimmt, um die Beobachtungen auch über das Zenith ausdehnen zu können, es fehlte aber hierfür an Mitteln.

In Paris ist, nachdem noch 1729/30 im großen Saale des Observatoire die Meridianlinie festgelegt worden war, um die Gnomon-Anlage zu vollenden, 1731 die Werkstatt Langlois' thätig, den von Cassini II[1]) bestellten 6 f-Mauer-Quadranten herzustellen; er wurde 1732 fertig, und 1733 sollen die Beobachtungen begonnen haben (Cassini, 149; C. Wolf, 176). Ueber die Construction dieses Instruments ist nur bekannt, daß das Gerippe von Eisen war, mit aufgelegter, von Minute zu Minute und mit Transversalen getheilter Kupferplatte, daß das Fernrohr ein Mikrometer hatte und daß es an drei $2^1/_2$ f langen Eisenstangen gehalten wurde.

In seiner »Meridienne vérifiée« (282 und LXXI) giebt Cassini III[2]) die Beschreibung eines 6 f-Sectors von 50° von 1738 und eines 6 f-Quadranten von 1742 **[Fig. 74]**, die er für seine Vermessungen benutzte; beide von Langlois. Der Aufbau dieser Instrumente ist, wie Cassini für den 50°-Sector betont, Picard nachgebildet, doch hält er den neuen für »infiniment supérieur«. Die Fernrohre liegen hinter dem Bogen, tragen Schraubenmikrometer (in den Zeichnungen nicht angegeben) und haben eine Feinstellung mit langer Stange, ähnlich einem Stangenzirkel, vom Stativ aus. Der Quadrant hat nicht weniger als 7 Füße mit wunderlichen, offenbar zur Versteifung nachgefügten Streben und soll eine »construction fort solide« gewesen sein. Die Theilung ist von 10' zu 10' in Punkten; über die Ablesung ist nichts gesagt. Auf den Nullpunkt wird eingestellt nach einem durch ein Gehäuse geschützten und durch Hängen des Gewichtes in Wasser gedämpften Loth. Den Quadranten (Quart de cercle mobile) nennt Cassini »le meilleur et le plus précieux des instruments de l'Observatoire« (Cassini, 213), und noch 1777 wird er sehr gelobt (C. Wolf, 184).

Die französischen Instrumente scheinen indeß den englischen an Zweckmäßigkeit und Sorgfalt der Ausführung doch im Allgemeinen nicht gewachsen gewesen zu sein; Bernoulli sagt 1769 16./5. (Bernoulli, 136) über die Instrumente der Sternwarte Paris im Vergleich zu englischen: »tout l'appareil est bien différent pour la netteté, la solidité et la commodité«. Dieses Urtheil wird bestätigt durch den Umstand, daß Le Monnier 1743 (Descr., 12) seinen 5 f-Quadranten nicht von Langlois, sondern von Sisson unter Graham's Leitung ausführen ließ und, nachdem Bradley 1750 einen 8 f-Mauer-Quadranten von Bird erhalten hatte, 1753 einen ebensolchen anschaffte (Descr., 6). Graham war inzwischen gestorben, und Sisson scheint Le Monnier nicht ganz befriedigt zu haben (Descr., 5).

Die soeben genannten englischen Instrumente, von denen das größte von Le Monnier bis auf die letzte Schraube beschrieben wurde (Descr., 8 ff.), sind im Wesentlichen gleich dem Graham's von 1725. Doch wurde die von Sisson eingeführte Declinations-Stellschraube mit Theilkopf versehen, und das Gerippe des Greenwich-Quadranten wurde ganz aus Metall hergestellt, um Spannungen zu vermeiden. — Bird's

[1]) Jacques Cassini, Paris 1677 — Thury bei Clermont 1756.

[2]) César François Cassini (de Thury), Paris 1714—1784.



6f-Quadrant von Langlois, 1742,

nach Cassini, Meridienne vérifiée, 1744.

8'-Mauer-Quadrant von Bird, 1753, mit Azimuthal-Drehung nach Le Monnier,
nach Le Monnier, Description et usage.

Verfahren bei der Theilung dieser Quadranten (Descr., 42) wich von dem Graham's insofern ab, als er, nachdem in gleicher Weise das 75°-Intervall gefunden worden, nun nach berechneten Sehnen von 10° 20' und 4° 40' von 75° und 90° her auf 85° 20' einschnitt und diesen Bogen von 2°.5' durch fortgesetzte Halbirung durchweg in 5'-Intervalle theilte. Es wird wohl wesentlich von der Geschicklichkeit der Hand und der Schärfe des Auges abgehangen haben, ob auf dem einen oder dem anderen Wege mehr Genauigkeit erreicht wurde.

Le Monnier's Mittheilungen sind so lehrhaft und umständlich, daß man versucht sein könnte, anzunehmen, es sei das Alles nach seinen Angaben gemacht; eine von ihm selbst (Descr., 34) wiedergegebene, etwas boshafte Bemerkung Maupertuis'[1]) ist deshalb zur Klarstellung nicht ganz überflüssig; er sagt in Bezug auf die Anweisungen, die Le Monnier wegen Benutzung seines 1751 nach Berlin geliehenen Quadranten dorthin hatte ergehen lassen: »On y parle du Quart de cercle . . . comme si c'eût été »sous la direction de Mr. Le Monnier que cet instrument eût été fait à Londres. Mr. »Le Monnier a voulu rendre sur cela à feu Mr. Graham la justice qui lui étoit due, et »déclarer que c'est uniquement à l'inspection et aux soins de cet homme excellent . . . »que la perfection de son instrument étoit due.« Aehnliches gilt auch hier; aber man erkennt doch überall in Le Monnier's Buch den vorsichtigen Beobachter und versteht z. B. sehr wohl seine Zweifel, ob es richtig war, den Messingbogen auf dem Eisengerippe als genügend unveränderlich anzunehmen, sowie auch seine Sorgen um genügende Berichtigung des Instruments. Diese führten ihn mit Recht zu dem Wunsche, das ganze Instrument umkehren zu können; indeß erlaubte er sich durch die Art der Aufstellung, die er zu diesem Zwecke ausführen ließ, einen Eingriff in die Construction, die Bird sich gewiß verbeten hätte, wenn er gefragt worden wäre. Le Monnier wußte nichts Besseres zu machen, als einen Steinpfeiler zusammenmauern zu lassen und diesen auf einem engen Rollenkranz drehbar zu machen. Die Führung sollte eine Kugelschale in der Mitte geben, die natürlich nur wirksam sein konnte, wenn Druck vorhanden war, während doch der Druck und die Flächenführung durch vier Rollen aufgenommen wurden, die selbstverständlich, trotz aller Stellkeile und -Schrauben, nie zweifellos berichtigt werden konnten. — Die dem Buche Le Monnier's beigegebenen Zeichnungen sind übrigens vortrefflich und bieten viel mehr, als die von Smith. Es ist denselben deshalb die Abbildung des Quadranten **[Fig. 75]** entnommen; aber sie gilt in Bezug auf den unteren Theil des Pfeilers mit der Drehvorrichtung nur für Le Monnier's Instrument, während bei den sonstigen ähnlichen Mauer-Quadranten ein fester Pfeiler anzunehmen ist. Le Monnier sagt, daß Bird solche, außer denen in London und Paris, auch nach Cadix und St. Petersburg geliefert hat; 1755 wurden auch ähnliche für die Sternwarte in Göttingen, später für Oxford, Mannheim (1775) und wahrscheinlich andere Orte hergestellt; ein 5-füßiger kam 1768 nach Berlin.

Neben jenen meist englischen Quadranten der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts gewährt noch eine größere, aus einer Hand geschaffene Sammlung, nach Art derer von Tycho, Hevel und Römer, Interesse, in welcher ebenfalls die Quadranten die Hauptstücke bilden. Es ist dies die Sammlung Marinoni's.

---

[1]) Pierre Louis Moreau de Maupertuis, St. Malo 1698 — Basel 1759.

15. Marinoni.

Um 1740 errichtete Marinoni[1]) in Wien eine Privat-Sternwarte, von der er selbst eine ausführliche Beschreibung giebt (Astron. Specula domest., Viennae 1746). Die Instrumente sind später in den Besitz der 1755 in Wien erbauten Universitäts-Sternwarte gelangt.

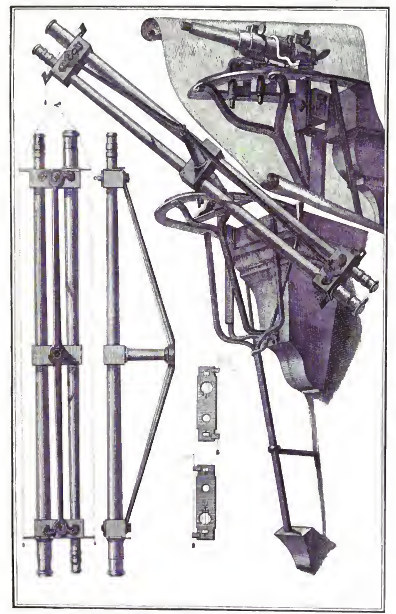
Nach dem Vorbilde in Bologna wurde die Mittagslinie durch einen Lochgnomon festgelegt, doch mit der Abweichung, daß ein von dem Loche herunter gelassener Lothfaden über seitlich verstellbare Rollen am Fußboden und auch an der gegenüberliegenden Wand als Mittagslinie fortgeführt und nach an einem Quadranten beobachteten correspondirenden Höhen berichtigt wurde; diese Einrichtung scheint durch Raummangel bedingt gewesen zu sein, war aber, wie auch Marinoni bemerkt, nicht neu; schon de L'Isle[2]) benutzt einen gespannten Faden als Mittagslinie (Mém. Par. 1719, 55). Marinoni bedient sich aber auch eines eigenthümlichen Durchgangs-Instruments (Marinoni, 41 ff. u. 192); er bezeichnet es als »Culminatorium (Galli vocant l'instrument des passages)« **[Fig. 76]**. Es besteht aus einem Paar gleicher, parallel, aber in entgegengesetzter Lage, über einander mit einer zwischenliegenden Büchse rechtwinklig verbundener Fernrohre, die sich um einen langen conischen Zapfen drehen. Dieser Zapfen ist die Verlängerung einer stärkeren Eisenstange, die auf einem von der Wand vorspringenden kräftigen Eisengerüst azimuthal zu drehen und festzuklemmen ist. Auch hier scheint die Oertlichkeit zu der Abweichung von dem vollkommeneren Vorbilde der Lagerung zwischen zwei Pfeilern den Anlaß gegeben zu haben. Zwei Fernrohre sind der größeren Steifigkeit des drehenden Körpers und der größeren Bequemlichkeit wegen gewählt; die Brennweite ist ca. 6 f. Neben den Fernrohren sind auch freie Diopter angebracht. Die Neigung des Zapfens wurde durch Ablothung an den Fernrohren berichtigt; doch wurde keine genügende Uebereinstimmung der Beobachtungen über und unter dem Pol gefunden, und man wird darin den Einfluß der Zapfenbiegung vermuthen dürfen. Ein besonders eingeführter, nicht recht verständlicher »tubus rectificationis« wird daran nichts haben ändern können (S. 193). Ein zweites ähnliches Instrument ist auch für Höhenmessungen eingerichtet durch einen Halbkreis, der nach einem Lothfaden abzulesen ist **[Fig. 77]**.

Es folgen die Quadranten (S. 67 ff.). Der »Quadrans fixus«, $r = 9^f$, besteht aus einem Messing-Theilbogen, der an einem schweren, gegen die Wand verstellbaren Eisengerippe befestigt ist **[Fig. 78]**. Neben dem zugleich als Alidade dienenden Fernrohre von 10^f Brennweite mit Gläsern von P. Patroni in Mailand sind noch Visire mit einfachen Drähten angebracht. Der Bogen ist nur von 5°—5° getheilt und wird nach einfachen Index-Fäden eingestellt, weil die weitere Messung am Ocularmikrometer erfolgt. Die Einstellung geschieht durch ein in den gezahnten Rand eingreifendes Trieb und Klemmung.

Es sind noch zwei andere Quadranten gleicher Größe wiedergegeben (S. 79 ff.), von denen der eine dem ersten fast gleich, der andere aber unmittelbar, doch mit Stellschrauben

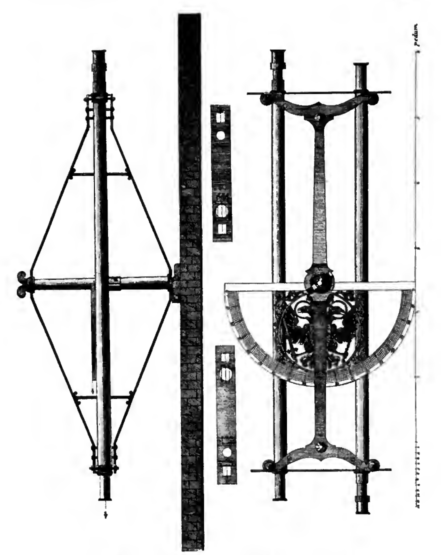
[1]) Johann Jakob Marinoni, Udine 1676 — Wien 1755, Director der Akademie der Kriegswissenschaften.

[2]) Josephe Nicolas de L'Isle, Paris 1688—1768.



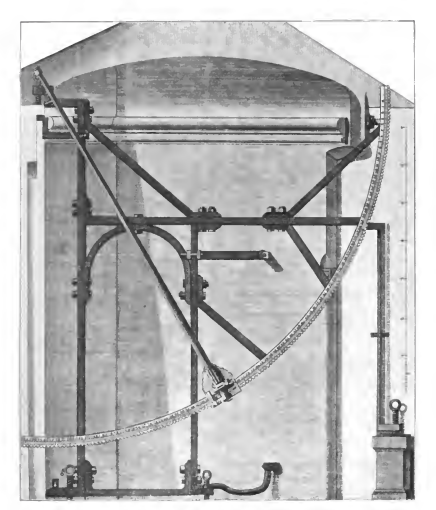
Marinoni's Culminatorium, um 1740, nach Marinoni.



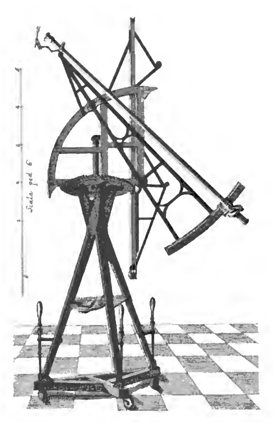


Marinoni's Culminatorium mit Halbkreis, um 1740,
nach Marinoni.



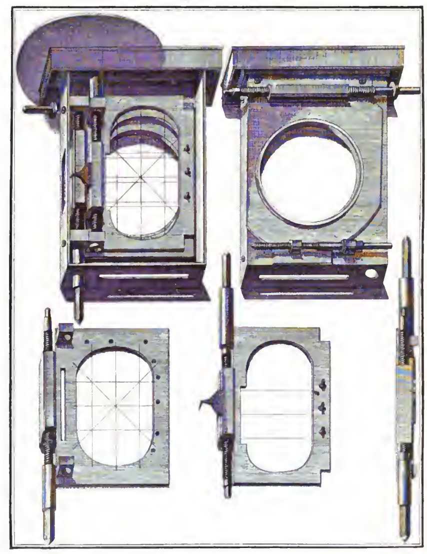


Marinoni's Mauer-Quadrant (quadrans fixus), um 1740,
nach Marinoni.



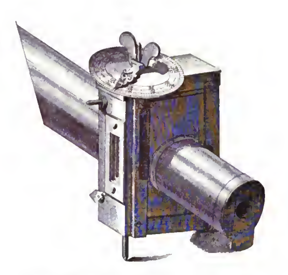
Marinoni's vergrößerter Quadrant (quadrans ampliatus), um 1740,

nach Marinoni.



Marinoni's großes Mikrometer, um 1740, Innenansicht,
nach Marinoni.

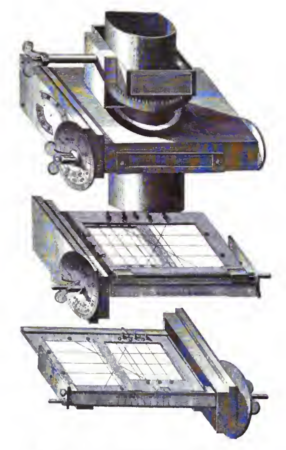




Marinoni's großes Mikrometer, um 1740,
Außenansicht,
nach Marinoni.



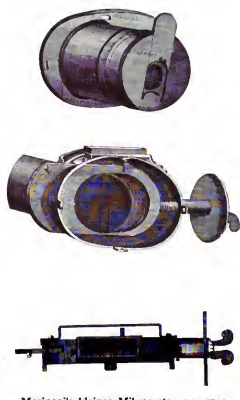
25



Marinoni's Positions-Mikrometer, um 1740,

nach Marinoni.





Marinoni's kleines Mikrometer, um 1740,

nach Marinoni.

gegen eine starke, in der Meridianebene aufgerichtete Mauer befestigt ist. Die Einstellung der Theilung geschieht hier vermittelst einer an besonderer Klemme mitgeführten Schraube, dagegen fehlt das Trieb. Im Uebrigen ist die Einrichtung der des ersten Quadranten ähnlich; auch hier wird ein Ocularmikrometer benutzt.

Dann folgt ein vergrößerter Quadrant (Quadrans ampliatus mobilis, S. 93 ff.), der aber nur einem größeren 20°-Sector als Träger dient und selbst ohne Theilung ist **[Fig. 79]**. Er wird auf einem Dreifuß mit Fußschrauben an einer senkrechten Säule drehbar gehalten und läßt sich an einem horizontalen Zahnrade durch Trieb nach einer Gradtheilung mit Vernier einstellen. An dem aufrechtstehenden Quadranten kann der 6f-Sector in verschiedenen Neigungen festgeklemmt werden, so daß er über den vollen Umfang des Quadranten benutzt werden kann. Die Theilung geht von 10' zu 10' und ist durch Transversalen auf 1' abzulesen. Das Fernrohr hat ca. 7f Brennweite und wird durch Schnüre mit Gegengewichten conterbalancirt; es trägt ein Mikrometer. Der hölzerne Dreifuß geht auf drei Rollen, die durch die Stellschrauben außer Dienst gesetzt werden können. Nach einem in einer Röhre hängenden Lothe wird das Instrument dann eingerichtet.

Es würde zu weit führen, die übrigen kleineren Instrumente dieser reichhaltigen Sammlung näher zu behandeln, umsomehr, da sie kaum in Gebrauch gekommen zu sein scheinen. Doch sind die Ocularmikrometer zu beachten (S. 115 ff.), deren Marinoni mehrere von verschiedener Art beschreibt: mit Führung der beweglichen Fadenträger zwischen Schlitzen oder Leisten, oder an den Schrauben selbst, mit Schrauben inmitten der Schieber oder seitwärts, mit Scalen zum Ablesen der Schieberstellungen, aber auch mit Zählscheibe für die Umgänge (nach Graham), mit und ohne Positionsdrehung; mit Silberdrähten, die durch Schrauben oder (nach Graham) durch Federn gespannt sind, oder mit in Glas geritzten Linien, die auf einem besonderen Apparat mit einem Diamanten gezogen wurden; groß und klein, in runden und viereckigen Gehäusen, mit Ocularschiebern und Focus-Einstellung des Oculars durch Gewinde. Von den hier wiedergegebenen Mikrometern Marinoni's zeigt das erste **[Fig. 80a, 80b]** vier Schrauben, von denen nur die eine als Mikrometer dient; sie liegt seitlich und führt sich am festen Fadenträger; von den übrigen Schrauben giebt eine dem festen Fadenträger Verstellung gegen das Gehäuse, die zweite verschiebt rechtwinklig dagegen das Gehäuse auf der am Fernrohr befestigten Platte, und die dritte giebt Positionsberichtigung. Die ganzen Umgänge werden an einer geraden Theilung abgelesen; die Fäden (Drähte) werden durch kleine Schrauben gehalten. Das zweite **[Fig. 81]** ist ähnlich, doch mit voller Positionsdrehung, auch -Ablesung, die Umgänge werden durch eine balb verdeckte Zählscheibe angezeigt (Hauptansicht von unten!). Das dritte, kleinere **[Fig. 82]** zeigt die Mikrometerschraube in der Mittellinie des beweglichen Fadenträgers an diesem befestigt; der Fadenträger führt sich im Gehäuse.

Die ganze Sternwarten-Anlage läßt auf ein weitgehendes Interesse Marinoni's für seine Instrumente schließen. Es ist wohl nicht unwahrscheinlich, daß er selbst sich an den Arbeiten betheiligt hat, und daß die Herrichtung der Sternwarte ihm ein besonderes Vergnügen gewesen ist; in den Beobachtungen hat er sich auf ein Triduum beschränkt, nach dem Beispiel Römer's, wie er sagt, während doch dessen Triduum nur ein geringer, durch Zufall geretteter Rest einer großen Menge von Beobachtungen

gewesen ist. — Das reich ausgestattete Druckwerk giebt übrigens noch verschiedene Fernrohr-Aufstellungen und die genaue Beschreibung und Abbildung einer Graham-schen Pendeluhr.

Im Gegensatz zu dieser opulenten Sammlung deutschen Ursprungs zeigt ein von Bohnenberger 1795 wiedergegebener azimuthal drehbarer Quadrant (Bohnenberger, 16), wie man sich oft später noch mit hölzernen Instrumenten behalf **[Fig. 83]**. Dieser Quadrant ist nach alter, z. B. von Tycho angewandter Art, gegen eine senkrechte, zwischen conischen Endzapfen drehbare Säule befestigt, und zwar in einem Fensterrahmen. Er hat nur $r = 20^z$ und ist aus trocknem Birnbaumholz in solcher Weise hergestellt, daß der Bogen aus zwei durch Verzapfuug gut an einander gefügten Theilen besteht, deren Langfasern in der Richtung der Sehnen laufen. Er ist zum Schutze gegen Feuchtigkeit ganz mit Staniol überzogen, mit Ausnahme der Theilfläche, für welche Pergament aufgeklebt ist. Die Theilung ist nach Graham's Art in 90 und 96 Theilen des Quadranten nach Viertelgraden mit Tusche aufgezeichnet; der Vernier giebt Minuten. Das Fernrohr ist eine viereckige Röhre, die oben durch einen in einer Messingbüchse sich drehenden Zapfen, unten durch einen Federbügel gegen den Quadranten gehalten und durch eine ihre Klemme mit sich führende Stellschraube einzustellen ist. Die azimuthale Drehung geschieht an einer Lenkstange, die in einer drehbaren, am Fensterrahmen befestigten Schiebhülse festgesetzt werden kann. Bohnenberger scheint selbst einen solchen Quadranten hergestellt zu haben; er giebt eingehende Anweisungen zur Berichtigung aller Theile. — In ähnlicher Weise zwischen zwei Endzapfen drehend hatte schon Ramsden[1]) um 1786 einen 6^f-Quadranten für Blenheim (Duke of Marlborough) ausgeführt. Dieser mag Bohnenberger im Allgemeinen als Muster gedient haben.

Es ist von Interesse, auch das Bild eines Quadranten späterer französischer Arbeit, wie es scheint von Canivet, zu betrachten, den La Lande noch 1792 bezeichnet als »instrument porté à sa dernière perfection« (La Lande § 2311) **[Fig. 84]**. Im ganzen Aufbau erkennt man noch Picard's Construction; doch ist der Quadrant nur für Höhenbeobachtungen eingerichtet und trägt nur e i n Fernrohr. Er hat $r = 3^f$, ist im Gerippe von Eisen mit aufgelegter Theilplatte von Messing (La Lande beanstandet diese Verbindung) und hat Feinstellung durch eine wenig Zutrauen erweckende Vorrichtung, ähnlich einem Stangenzirkel. Das Loth ist von einem Schutzkasten umgeben; die Azimuthal-Drehung kann an einem 6^z-Kreise annähernd abgelesen werden.

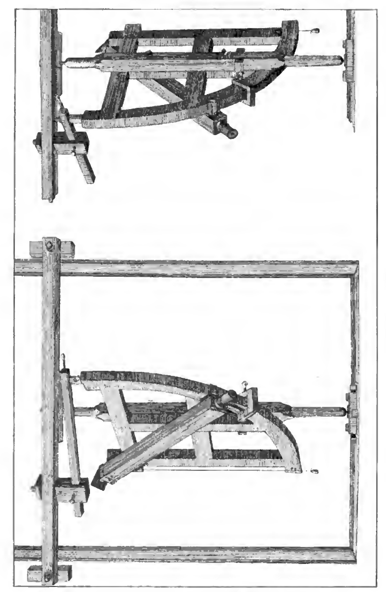
Ein sorgfältig angelegter Quadrant Troughton's aus der letzten Zeit dieser Instrumente, über den Pearson[2]) berichtet (**2**, 555), macht trotz aller Complicationen, und zum Theil eben wegen derselben, den Eindruck einer verspäteten Erscheinung **[Fig. 85]**.

16. Spätere Zenith-Sectoren.

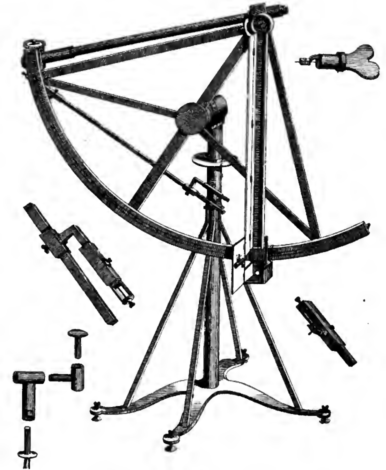
Neben den Quadranten und Sextanten wurden von je her, wenn es sich um besonders genaue Beobachtungen handelte, kürzere, nur in der Nähe des Zeniths ver-

[1]) Jesse Ramsden, Halifax 1735 — Brighthelmstone 1800.

[2]) William Pearson, Whitbeck 1767 — South Kilworth 1847, Pfarrer.



Bohnenberger's drehbarer Holz-Quadrant, gegen 1795,
nach Bohnenberger's Ortsbestimmung.

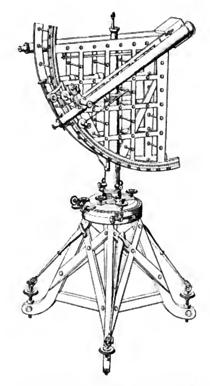


3f-Quadrant von Canivet (?), um 1770,

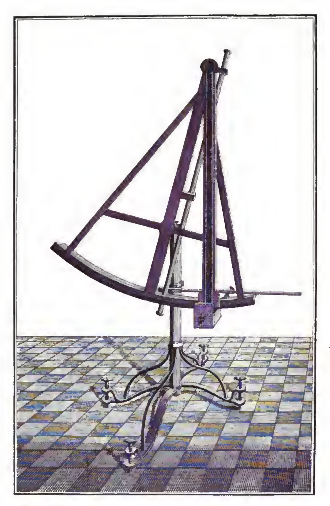
nach La Lande, Astronomie.



Fig. 85
(zu Seite 64).



3'-Quadrant von Troughton, um 1800,
nach Pearson.



6f-Sector von Langlois, 1738,
nach Cassini, Meridienne vérifiée.



La Condamine's 12'-Sector, 1739,

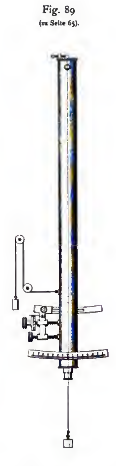
nach La Condamine, Mesures des trois premiers degrés, 1751.



Fig. 88
(zu Seite 65).

Sector von Graham, 1736,
nach Degré entre Paris et Amiens.

Fig. 89
(zu Seite 65).



Sector von Graham, 1725,
nach Pearson.

wendbare Sectoren von längerem Radius benutzt, mit Fernrohr und durch Beobachtung in zwei Lagen auf das Zenith bezogen zuerst von Picard. Von seinem Sector ist schon die Rede gewesen (oben S. 44). Picard, obgleich ein guter Beobachter, giebt selbst zu (Picard 39), daß das Instrument unsicher und schwierig zu behandeln war, und in der That hatte man die Aufstellung desselben mit Rücksicht auf den Transport bei den Vermessungen zu leicht gehalten. Doch hat, wie schon erwähnt, Cassini 1738 ein Instrument von ähnlichem Aufbau **[Fig. 86]**, aber mit einigen Verbesserungen, besonders Ocularmikrometer, von Langlois herstellen lassen, auf das er große Erwartungen setzte (Mer. vér. S. LXXI). Der Bogen war zur genaueren Herstellung der Theilung auf 60° Länge ausgedehnt.

Auch der von De la Condamine in Peru benutzte 12f-Sector scheint ursprünglich ähnlich gebaut gewesen zu sein. Die Beobachter haben dann, als er sich 1739 als ungenügend erwies, es verstanden, eine völlig veränderte Aufstellung geschickt zu improvisiren, indem sie ihn oben an einem Kugelgelenke aufhängten, unten an einem festen Gerüste zwischen Schrauben führten (Condamine, 110) **[Fig. 87]**.

Zu anderen Zwecken (Parallaxen- und Aberrations-Beobb.) und mit fester Aufstellung baute, nachdem 1669 Hooke einen flüchtigen Versuch dahin gemacht hatte, (Hooke, Cutlerian Lectures, 23) Graham 1725 einen 24-füßigen Sector für Molyneux[1]) und 1727 den 12½-füßigen, welchen Bradley in Wanstead aufstellen ließ, später aber mit nach Greenwich nahm **[Fig. 88]**. Dieser letztere besteht aus einem an zwei von Ost nach West gerichteten Zapfen in festen Wandlagern hängenden Eisenrohr, das zugleich als Fernrohr dient und dessen unteres Ende sich an einem 12½° langen, an der Wand befestigten 5'-Bogen bewegt. Das Objectiv befindet sich nahe den Zapfen (Pearson **2**, 532). Unten wird das Rohr durch eine Schnur mit Rolle und Gewicht gegen zwei parallel stehende Schrauben gehalten, von denen die eine als Mikrometerschraube mit Theilkopf versehen ist, die andere aber, in übergroßer Vorsicht, dieser zur Hülfe beigegeben ist, »to relieve it«. Die Ablesung des Sectors geschieht an einem vom Zapfenmittel herabhängenden Lothe. Diese einfache Einrichtung konnte wohl eine große Festigkeit geben, aber Pearson bemerkt mit Recht, daß Drehbarkeit um eine senkrechte Achse, wie an einem 12f-Sector Bird's von 1774 in Oxford, sehr nützlich gewesen wäre.

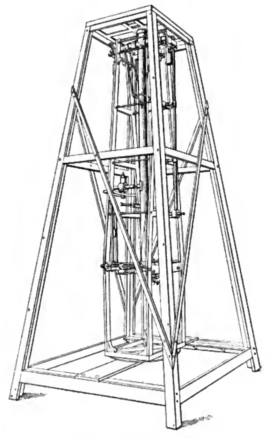
Eine sehr feste Aufstellung gab Graham auch dem 9f-Sector, den er 1736 für Maupertuis' Reise nach Lappland ausführte (Degré S. VII) **[Fig. 89]**. Das Rohr hängt mit zwei horizontalen Zapfen am oberen Ende auf einem schweren und weit ausgreifenden hölzernen Dreibein, an welchem unten der über 5° von 7½—7½' getheilte Sector und eine Stellschraube mit Theilkopf und Zählscheibe befestigt sind. Die Ablesung geschieht an einem von dem vorderen, zu einem dünnen Cylinder verjüngten Zapfen herabhängenden Lothe, welches ungeschützt ist, aber durch Eintauchen des Gewichts gedämpft wird. Auf azimuthale Drehung des ganzen Sectors war auch hier keine Rücksicht genommen. Wollte man ihn doch um 180° drehen, so mußte man ihn auf dem Fußboden herumfahren. Diesen Sector benutzte Le Monnier 1738—40 zu Aberrations-Beobachtungen (Degré, 107).

---

[1]) Samuel Molyneux, Chester 1689 — London? 1728.

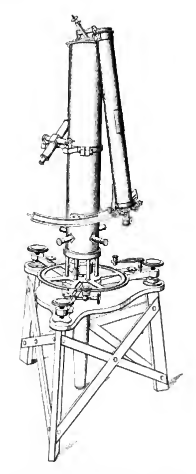
Sehr sorgfältig angelegt war der für die englischen Vermessungen verwandte Sector mit Objectiv von 4^z Oeffnung, 8^f Brennweite von Ramsden, erst nach seinem Tode 1802 vollendet von seinem Gehülfen Berge (Pearson **2**, 533) **[Fig. 90]**. Hier ist von vornherein ein Drehen des Sectors in dem Stativ angenommen. Dieses besteht deshalb aus einem weiteren, äußeren Gerüst von Mahagoni-Holz und einem inneren, ebenfalls von Mahagoni, das sich in jenem auf einem unteren Mittelzapfen und in einem oberen Halsringe drehen und nach einem Theilkreise einstellen läßt. An dem inneren Gerüst ist oben eine ca. $2\frac{1}{2}^f$ lange horizontale Achse mit ihren beiden Enden eingelagert, die in ihrer Mitte mit dem oberen Ende des Fernrohres (Messing) fest verbunden ist und im Mittelpunkte des am unteren Rohrende befestigten in 5′ getheilten Sectors von 16° liegt. Eine vom inneren Gerüst getragene Lampe ist in geschickter Weise so verwandt, daß sie sowohl durch eine Oeffnung im Fernrohr einen durchbrochenen 45°-Spiegel und damit das Feld beleuchtet, als auch vermittelst zweier anderer Spiegel ihr Licht durch die ganze Länge der hohlen Fernrohrachse auf eine kleine durchscheinende Platte am anderen Ende sendet, auf welcher die Mitte der Achse, zur Berichtigung des davor hängenden Lothes, durch einen Punkt bezeichnet ist. Diese Einstellung läßt sich von unten her durch eine lange senkrechte, gegen einen das Loth tragenden Winkelhebel wirkende Schraube und mit Hülfe eines daneben stehenden gebrochenen Ableserohres machen. Das Fernrohr hat ein gebrochenes Ocular. Die Ablesung des Sectors und des Lothes geschieht durch ein Mikroskop, die Einstellung und Messung durch eine Stellschraube mit Theilkopf und Zählscheibe, wie bei Graham. Der Lagerdruck der Fernrohrachse ist durch Hebel und Gegengewicht nahezu aufgehoben. Das Ganze ist sehr umsichtig construirt, aber zweifellos in vielen Theilen zu schwach und für häufigen Transport wenig geeignet.

Ganz andersartig gebaut ist der Zenith-Sector von Troughton (Pearson, **2**, 546). Die Drehung geschieht hier nicht um die Endzapfen eines senkrechten Gerüstes, sondern an einer starken conischen Achse in einer langen senkrechten und mit einem schweren Dreifuß verbundenen Büchse **[Fig. 91]**. Der Dreifuß ruht auf einem Holzstativ, durch dessen Mitte die Büchse bis nahe an den Fußboden hinunterreicht. Die senkrechte Achse trägt ein weites, aufrecht stehendes und unten durchbrochenes Rohr, auf dessen Kopf sich die Lager einer mit dem Objectivende des hängenden Fernrohrs fest verbundenen horizontalen Achse befinden. Das untere Ende des in 40° gebrochenen Fernrohres bewegt sich an einem mit dem großen Rohr verbundenen Sector, der durch zwei Mikroskope, zu jeder Seite des Fernrohres eins, abgelesen wird. Die Feinstellung geschieht an einem Zahnbogen mit Trieb und Klemmung. Die Drehung um die senkrechte Achse geht zwischen zwei Anschlägen in 180° Abstand, kann aber auch an drei Verniers abgelesen werden. Im Inneren des äußeren Rohres hängt ein Loth mit Wasserdämpfung; es wird nach zwei in 90° zu einander stehenden Mikroskopen eingerichtet, die im Brennpunkte des Oculars eng durchbohrte Perlmutterplatten tragen. Dieser schon von Ramsden zur Vermeidung der Parallaxe benutzten Einrichtung wurde die eigenthümliche Bezeichnung »ghost apparatus« gegeben, weil nicht der Faden selbst, sondern seine durch das Mikroskopobjectiv erzeugte Erscheinung (ghost) nach der Bohrung der Platte eingestellt wurde (Pearson **2**, 286). — Der Troughton-Sector ist bei der Gauss-Schumacher'schen Vermessung benutzt worden.

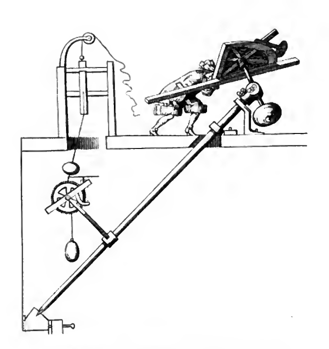


Sector von Ramsden, 1802,

nach Pearson.



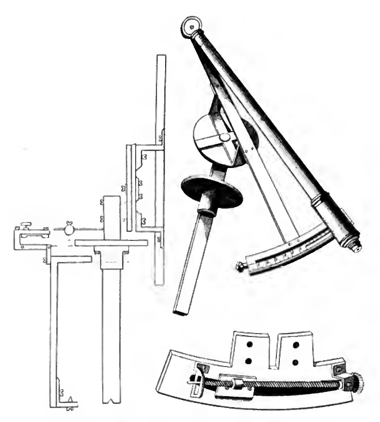
Sector von Troughton, um 1802,
nach Pearson.



Parallaktische Aufstellung von Hooke, 1674,

nach Hooke, Animadversions.





Equatorial Sector von Graham, um 1735,

nach Smith, Opticks.

17. Parallaktische Aufstellungen. Aequatoreale. Spiegel-Teleskope.

Die rohen Aufstellungen der Fernrohre, die man bald nach ihrer Erfindung in übergroßen Längen herzustellen sich überbot (außer Hevel besonders Huygens und Cassini), geben keinen Anlaß zu näherer Berücksichtigung. Sie bestanden meist aus thurmartigen Aufbauten oder Masten mit Flaschenzügen, an denen man ungefüge, durch Strebewerke nothdürftig gegen allzu starke Durchbiegung geschützte Holzrohre annähernd in die gewünschte Lage brachte; das Ocularende wurde von großen Rüstböcken unterstützt, und zwar möglichst so, daß man der Bewegung des Gestirns ruckweise, oder bestenfalls durch einen kleinen Flaschenzug an einem durch Rad und Zahnstange seitlich beweglichen Rahmen (wie bei Hevel) einigermaßen gleichmäßig folgen konnte. Um das große Rohr zu ersparen, machte man dann auch den Versuch, das Objectiv oben am Maste in einer kippenden Platte anzubringen, die man durch Seilzug vom Ocular her ungefähr normal zur Absehlinie aufrichten konnte, eine natürlich sehr unbequeme Einrichtung.

Als man dann allmählich gelernt hatte, Objectivgläser von größerer Oeffnung bei kürzerer Brennweite herzustellen, stellte sich auch das Bedürfniß nach besseren, die ungefähre Einstellung des Rohres, sowie die bequeme Nachführung in täglicher Bewegung gestattenden Aufstellungen ein.

In England hatte Hooke schon 1674 (Animad., 67) für einen Quadranten eine Aufstellung mit Polachse hergestellt (oder wohl nur vorgeschlagen), die im Wesentlichen der von Scheiner für sein Heliotropium telioscopicum angewandten gleich kam **[Fig. 92]**. Doch hatte sie, da die der Declinationsbüchse einer sogenannten parallaktischen Aufstellung entsprechende Stange nicht fest im rechten Winkel mit der Polachse verbunden war, sondern durch ein Gelenk (das freilich festgestellt werden konnte), eine Bewegung mehr, als nöthig; sie scheint auch keinen Stundenkreis gehabt zu haben. Besonderes Interesse erregt sie indeß dadurch, daß die Polachse mit einem concentrischen Zahnsector versehen war, in den eine durch ein Uhrwerk getriebene Schraube griff. Als Regulator diente ein Fadenpendel, das freilich nicht sehr wirksam und bei wechselndem Widerstande nicht isochron sein konnte, dafür aber eine einfache, geringen Ansprüchen genügende Berichtigung des Ganges dadurch gewährte, daß die Fadenlänge mit Rollenzug vom Ocular her geändert werden konnte. Es ist dies wohl der erste Vorschlag zur Nachführung eines Fernrohres in täglicher Bewegung durch Uhrwerk gewesen.

In mancher Beziehung ähnlich war die Aufstellung des 7f-Sextanten Flamsteed's (oben S. 54), die zu den parallaktischen zu zählen ist; sie war verbessert durch Zahnkranz-Bewegungen und durch das Fortlassen des Gelenkes zwischen Polachse und Declinationsstange; es fehlte ihr aber das Uhrwerk, und sie war sehr schwerfällig.

Aehnlich sind auch Graham's und Sisson's »astronomical (equatorial) sectors« **[Fig. 93]**. Graham (Smith, **2**, 350) hat am Kopfe der Polachse eine starke Declinationsscheibe befestigt, an der ein ungefähr im Schwerpunkte angefaßter Sector drehbar und klemmbar ist; vermittelst einer langen Schraube kann das Fernrohr um ca. 10° verschoben werden; die Ablesung geschieht durch Vernier auf Minuten. Sowohl der

über dem oberen Achsenlager angebrachte Stundenkreis, wie auch die Declinationsscheibe haben 5^z Durchmesser; das Fernrohr hat $2\frac{1}{2}^f$ Länge. Da der Sector vor der Scheibe beliebig verdreht werden kann, beherrscht das Fernrohr die ganze Hemisphäre. Die häufig nöthige Verstellung des Sectors muß aber recht unbequem gewesen sein. — Sisson dagegen (Vince, 141) **[Fig. 94]** ließ eine lange hohle Polachse um ihre Enden drehen und in dem Achsenkörper die Declinations-Achse mit dem Fernrohr und zwei Indices, die zur Ablesung des am Achsenkörper befestigten Declinationskreises dienten. Hinter dem Fernrohr war ein Arm auf die Declinations-Achse gepaßt, der auf derselben beliebig festgeklemmt werden und so auch mit dem Fernrohr verbunden werden konnte. Er trug am unteren Ende einen Vernier, der neben dem 22° langen Sector ging, und war durch eine Stellschraube mit Theilkopf mit dem Achsenkörper der Polachse verbunden.

Eine 1721 für Cassini II hergestellte, von ihm als »Machine parallatique« bezeichnete Aufstellung war sehr einfach und für die Südseite der Hemisphäre recht bequem (La Lande § 2400) **[Fig. 95]**. Die Polachse liegt, wie die Scheiner's, in einem Holzbocke, trägt aber am Kopfe eine einfache, zur Achse symmetrische Gabel, in der sich um einen Querzapfen ein Declinations-Halbkreis mit anschließender Mulde für das Fernrohr bewegt. Dieses liegt also in der Ebene der Polachse, nicht excentrisch, und daher kommt es in der Zenithlage mit dem Ocular dem Bocke nahe und versagt für einen großen Theil des nördlichen Himmels; auch die nur für die Aequatorgegend bequeme Abstützung des Fernrohres gegen die Polachse kommt leicht mit dem Bocke in Berührung. — Eine ähnliche Aufstellung war es wohl, die Passemant[1]) mit einem Uhrwerke versah und 1746 als »machine parallactique rendue mouvante« anzeigte (Passemant, 78). — Diese Aufstellungen mögen noch Manches zu wünschen übrig gelassen haben, aber Shuckburgh[2]) urtheilt doch wohl zu hart, wenn er sie nennt: »a very bad stand to a refracting »telescope of 8 or 10 feet long, giving it a motion p a r a l l e l to the equator« (Ph. Tr. 1793, S. 73). Mehr verlangt man doch nicht; Shuckburgh kann aber auch den Ausdruck »parallaktisch« nicht leiden, weil er, wie auch La Lande (La Lande, § 2278), ihn als aus p a r a l l e l abgeleitet ansieht, während dieses Wort doch von je her mit seinem eigentlichen Sinne: v e r ä n d e r l i c h, d. h. beweglich, im Gegensatze zu feststehend ganz richtig gebraucht wurde. Man begegnet auch sonst einer Abneigung gegen dieses Wort, das aber jedenfalls als technischer Ausdruck nicht schlechter, als andere und ganz gebräuchlich ist für die einfachen, um Pol und in Declination beweglichen Aufstellungen, im Gegensatz zu den für scharfe Kreisablesungen eingerichteten, den Aequatorealen, die eine besondere Abart der parallaktischen Aufstellung darstellen.

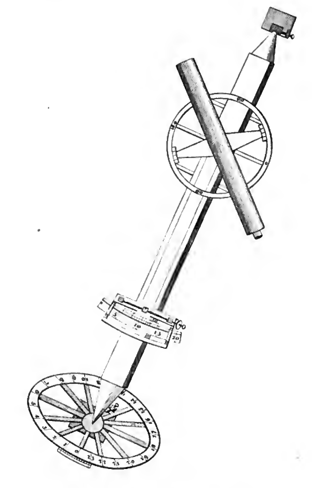
Den ersten Versuch zu einem Aequatoreal hatte, die alten Armillensphären und Tycho's Armillae aequatoriae nicht gerechnet, Römer mit seiner Machina aequatorea gemacht. La Lande (§ 2409) hat gegen 1735 ein von Vayringe[3]) in Luneville gebautes Aequatoreal gesehen, welches er für das älteste der neueren Form hält, ohne indeß Näheres anzugeben. Short[4]) giebt 1749 eine Construction bekannt (Ph. Tr.,

[1]) Claude Passemant, Paris 1702—1769.

[2]) George Augustus William Shuckburgh-Evelyn, 1751 — Shuckburgh Park 1804.

[3]) Vayringe, Longuyon bei Luxemburg 1685 — Luneville 1746, Prof. phys.

[4]) James Short, Edinburgh 1710 — Newington Butts bei London 1768.



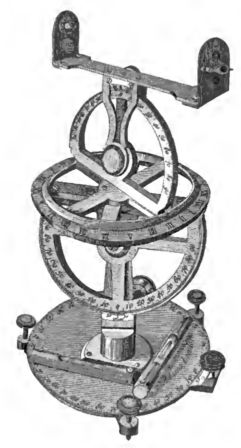
Equatorial-Sector von Sisson, um 1760,

nach Vince, Treatise on practical astronomy.





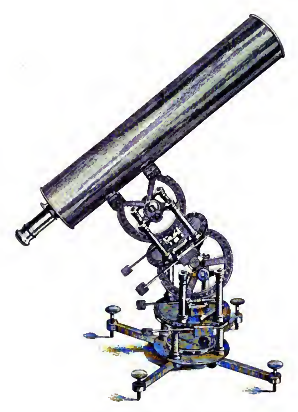
Cassini's Machine parallatique, 1721,
nach La Lande, Astronomie.



Adams' improved Sun dial, vor 1789,

nach Adams, Astronomical and geographical Essays.

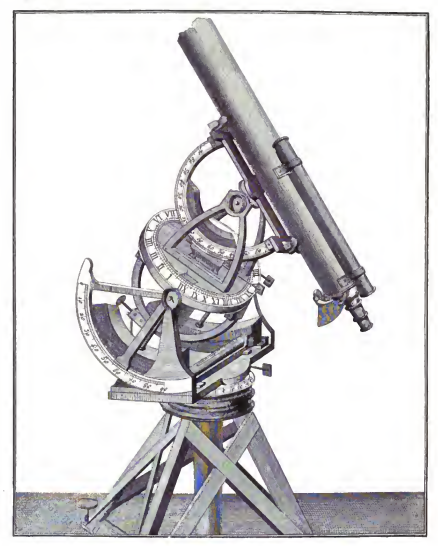




Aequatoreal von Short, 1749,

nach Philos. Transactions 1749.





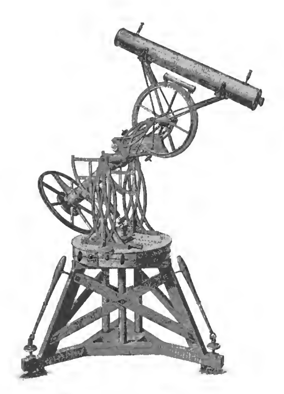
Nairne's Aequatoreal, um 1771,
nach La Lande, Astronomie 1792.





Adams' improved Equatorial, vor 1789,
nach Adams, Astronomical and geographical Essays.

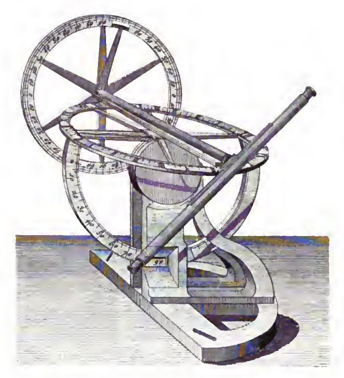




Aequatoreal von Troughton, 1785,

nach Pearson.





Saron's Aequatoreal von Megnier, um 1770,

nach La Lande, Astronomie.

46, 242), von der er selbst sagt, sie sei nichts Neues, sondern vor ihm schon mehrfach bei Sonnenuhren (by way of a dial) ausgeführt worden, doch bisher nicht für Teleskope. Es wurden in der That damals unter dem Namen »equatorial« oder »universal sun-dial« **[Fig. 96]** in England noch Diopter-Instrumente complicirter Art ausgeführt (G. Adams, Astron. and geogr. Essays, London 1789, 639): ein Dreifuß mit darüber um eine senkrechte Achse drehbarer Säule, an deren Kopf sich ein Vertical-Halbkreis dreht. Dieser bildet ein Stück mit einem in rechtem Winkel anschließenden Kreise, in dem sich eine Alidadenscheibe, nochmals mit winklig aufrecht stehendem Halbkreise, bewegen läßt, und um die Mitte dieses Halbkreises dreht sich endlich hoch oben das Diopter-Lineal; ein complicirter Aufbau also, den man zur rohen Messung von Azimuthen, Höhen, Declinationen und endlich von Zeit oder Stundenwinkel benutzen konnte — ein Universal-Instrument bedenklichster Art. Dieses hat dann Short, oder nach Piazzi[1]) (Ramsden, 12) vor ihm schon Sisson, verbessert durch Einführung von Achsen in zwei Lagern statt einfacher Charniere, von Klemm- und Stellschrauben und eines 2-füßigen Spiegel-Teleskops und hat sogar unten noch eine Boussole hinzugefügt **[Fig. 97]**. Kein Wunder, daß Shuckburgh sagt, es sei »unsteady and unfit for any other purpose than that of finding and following a celestial object« (Ph. Tr. **83**, 71/2). Dennoch haben Dollond, Ramsden, Nairne[2]) **[Fig. 98]** (La Lande, pl. XXV), Adams[3]) **[Fig. 99]** (a. a. O. pl. XXI) sich weiter daran versucht, namentlich Gewichtsausgleichung eingeführt; und mit einem solchen Instrument von Ramsden ist Shuckburgh auch sehr zufrieden, nachdem er 1774/5 damit Frankreich und Italien bereist und sogar die Alpen bestiegen hatte. In anderer Form, aber nicht wesentlich verbessert, besonders nicht fester gebaut, ist ein Aequatoreal von Troughton von 1788 (Pearson **2**, 519) **[Fig. 100]**.

Ein wunderliches Seitenstück zu den englischen Aequatorealen bildet ein solches von Megnier (La Lande § 2413) **[Fig. 101]**. Auf den schweren Fuß, in dem ein Polhöhen-Bogen beweglich ist, folgt ein von schwachen Speichen getragener Aequatorring, auf dem die Lagerbrücke der Declinationsachse gleitet. Die Beweglichkeit des Fernrohres mag an sich weniger beschränkt sein, als bei den englischen Aequatorealen, aber der Kopf des Beobachters findet bei den tieferen Ocularlagen kaum Platz.

Einen ernsten astronomischen Gebrauch haben alle diese Aequatoreale wohl nicht gefunden; sie waren überdies nur in kleinen Maaßen ausführbar. Ein sehr andersartiger Zweig der parallaktischen Aufstellungen bildete sich heraus für die inzwischen aufgekommenen Spiegel-Teleskope (Reflectoren), die den mit Objectiven versehenen Fernrohren (Refractoren) den Rang streitig zu machen begannen.

Die Reflectoren hatten schon eine Reihe vergeblicher Versuche gekostet. Nachdem Zucchi[4]) schon 1616, Mersenne[5]) um 1639 und Gregory[6]) 1661 den Gedanken verfolgt hatten, die von einem fernen Gegenstande ausgehenden Lichtstrahlen durch

[1]) Giuseppe Piazzi, Ponte im Veltlin 1746 — Neapel 1826.
[2]) Edward Nairne, London 1761—1806.
[3]) George Adams, London, 1750—1795.
[4]) Niccolò Zucchi, Parma 1586 — Rom 1670, Prof. math.
[5]) Marin Mersenne, Soultière 1588 — Paris 1648.
[6]) David Gregory, Aberdeen 1661 — Maidenhead 1710, Prof. math.

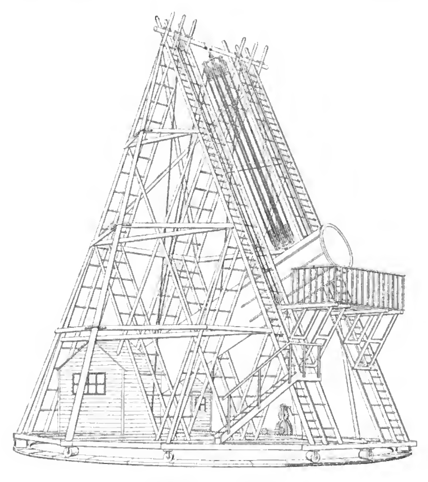
Hohlspiegel, statt durch Linsen, zu einem Bilde zusammenzuziehen, aber keine Erfolge erzielt hatten, weil sie parabolische Spiegelflächen glaubten verwenden zu müssen, erreichte Newton[1]) es 1671 durch Benutzung eines sphärischen Spiegels. Die ersten Versuche machte er ohne zweiten Spiegel, also unter Schrägstellung des Spiegels; die Zeichnung zu S. 95 in seinen »Opticks, 1730« dagegen zeigt ein Glasprisma in der optischen Achse, das die Strahlen in 90° zur Augenlinse führt. — Gregory hat an Stelle des Prismas einen kleinen Hohlspiegel gesetzt, dessen Brennpunkt mit dem des großen nahezu zusammenfällt und der in Folge seiner schwächeren Krümmung die weniger convergirenden Strahlen erst hinter dem in der Mitte durchbrochenen großen Spiegel wieder vereinigt. Cassegrain endlich schlug vor, den zweiten Spiegel nicht concav, sondern convex zu machen, um damit eine Verkürzung zu erreichen, indem die Strahlen des ersten Spiegels schon vor ihrer Vereinigung im Brennpunkte aufgefangen und hinter dem großen Spiegel vereinigt werden.

Trotz der Vorzüge, welche die Reflectoren boten, kamen sie in größeren Dimensionen nicht so bald in Gebrauch; erst 1719 soll Hadley[2]) ein 5f-Rohr hergestellt haben (Bailly **2**, 572), und Passemant (Passemant, 13) bietet noch nach 1763 Spiegel-Teleskope nur bis zu 5f Brennweite an, deren Wirkung freilich der eines Fernrohres von 100f Länge gleichkommen soll. Die Aufstellungen waren im Allgemeinen für Messungen nicht eingerichtet und sehr mannigfaltig von Construction; sie unterschieden sich natürlich, je nachdem die Rohre nach Newton, oder nach Gregory oder Cassegrain gebaut waren, weil bei jenen das Auge hoch, bei diesen tief zu halten war.

Als dann 1782 Herschel[3]) seinen Newton'schen 40f-Reflector von 4f Oeffnung hergestellt hatte, war zur Bewegung des schweren Rohres wieder eine große Holz-Construction mit Flaschenzügen nothwendig (Pearson **2**, 71 ff.), die aber immerhin, gegenüber den für die ersten langen Refractoren benutzten, den erheblichen Vorzug einer verhältnißmäßig bequemen azimuthalen Drehung hatte, und Herschel's ungewöhnliche Geschicklichkeit wußte sogar mit geeigneten Hülfsmitteln daran Sternörter zu bestimmen **[Fig. 102]**. Am unteren Ende des Rohres brachte er einen kleinen Quadranten für Höhenangaben an, und die Poldistanz wurde angezeigt »by a piece of machinery, worked by string, which »continually indicated the degree and minute on a dial in the small house adjoining (mit dem Gerüst beweglich), while the time was shown by a clock in the same place; Miss »Herschel[4]) performing the office of registrar . . . The degree of approximate accuracy, »with which the place of a double star or nebula was thus laid down, was most extra»ordinary, though still wanting rectification« (Pearson, **2**, 75). Der Reflector ist für »front»view« eingerichtet, d. h. der Spiegel ist um soviel geneigt, daß der Brennpunkt ca. 2z außerhalb der durchbrochenen Rohrwand fällt und der Kopf des Beobachters nicht den Strahlkegel behindert, also das alte, von Newton benutzte Verfahren.

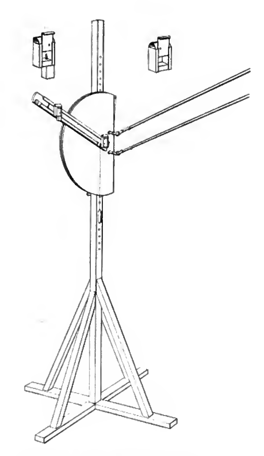
Um die Lichtstärke seines Reflectors bei Doppelstern-Messungen voll ausnutzen zu können, ersann Herschel eine besondere Vorrichtung, die er »Lamp micrometer« nennt (von 1782) und welche die Benutzung von Fäden im Felde entbehrlich macht, indem

[1]) Isaac Newton, Whoolstorpe (Lincolnshire) 1642 — London 1727.
[2]) John Hadley, Bushey (Herfordshire) 1682 — London 1744.
[3]) Wilhelm Herschel, Hannover 1738 — Slough 1822.
[4]) Caroline Lucretia Herschel, Hannover 1750—1848.



W. Herschel's 40ᶠ-Reflector, 1785,

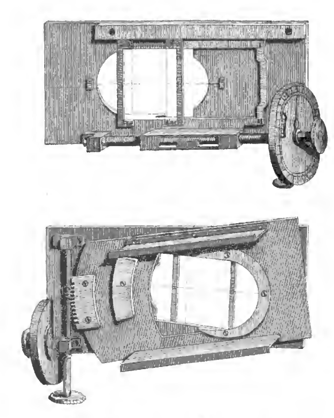
nach Pearson.



W. Herschel's Lamp-Micrometer, 1785,

nach Pearson.

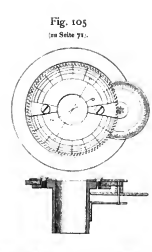




Englisches Ocular-Mikrometer nach Graham, ca. 1735,

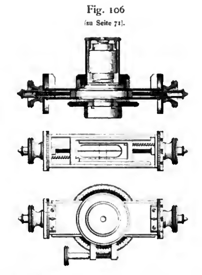
nach La Lande, Astronomie.

Fig. 105
(zu Seite 71).



Positions-Mikrometer von Nairne, 1779,
nach Pearson.

Fig. 106
(zu Seite 71).



Positions-Mikrometer von Troughton, um 1800,
nach Pearson.

gleichzeitig beide Augen benutzt werden **[Fig. 103]**. Zu dem Zwecke richtete Herschel zwei künstliche Sterne her, deren Abstand und Lage er beliebig ändern konnte, bis sie, mit dem einen Auge gesehen, das mit dem anderen Auge betrachtete wirkliche Sternpaar genau deckten. Dann maaß er den Abstand des Auges von den künstlichen Sternen (10 f und mehr), sowie ihren gegenseitigen Abstand und fand daraus die durch die Vergrößerung des Oculars multiplicirte doppelte Tangente des halben Winkels (Pearson, **2**, 240). Diese Vorrichtung bestand aus einem Holzbrett, senkrecht an einem Fuß mit grober Höhenstellung gehalten, vor dem sich um einen Zapfen ein Arm mit zwei Lampen drehen ließ. Die Lampen waren je bis auf ein feines Loch (den künstlichen Stern) verschlossen und hingen, leicht drehbar und durch Gewicht senkrecht gehalten, an zwei Haltern, von denen der eine auf dem Arm radial verschoben werden konnte. Diese Verschiebung sowohl, als die Drehung des Armes um den Zapfen, konnte der Beobachter vom Ocular her durch zwei leichte Schlüssel und geschickt angebrachte Schnurführungen bewirken. — Das war eine gut erfundene Aushülfe, die freilich wohl die Ausdauer des Beobachters in hohem Grade in Anspruch nahm. Herschel war aber darauf angewiesen, da ihm andere genügende Mikrometer noch nicht zur Verfügung standen.

Ueber die sonstigen Ocularmikrometer dieser und z. Th. früherer Zeit geben Smith und La Lande Nachricht (La Lande § 2359, Smith, **2**, 342ff.) Für die besten halten Beide die englischen, wahrscheinlich von Graham angegebenen **[Fig. 104]**. Die Mikrometerschraube liegt seitlich und hat fast die Länge der Grundplatte, auf der sie an vorspringenden Klötzen in einem cylindrischen und einem Spitzenlager gehalten wird. Das Gewinde reicht fast von Lager zu Lager, um dem Fadenträger, der an beiden Enden vorspringende Klötze mit Muttergewinde trägt, sichere Führung zu geben; das setzt freilich sehr gleichmäßige Steigung voraus. Um den todten Gang zu heben, wird mitten zwischen den beiden Muttern eine federnde Backe gegen das Gewinde gedrückt; eine dritte Führung findet der Fadenträger an der andern Seite der Grundplatte in einer Nuth. Die Hundertel-Umgänge werden an einer feststehenden Theilscheibe durch einen mit der Schraube umlaufenden Zeiger angegeben, und durch einen Schlitz der Scheibe ist eine zweite sichtbar, die, durch zwei Räderübersetzungen mitgeführt, die Umgänge erkennen läßt. Man machte das ganze Mikrometer auf einer zweiten Grundplatte durch Zahnbogen und Schraube ohne Ende in Position beschränkt drehbar. Marinoni's schon früher besprochene Mikrometer zählen meist hierher.

Folgendes einfachere Mikrometer soll von Bradley angegeben sein (Smith, **2**, 344). Zwei feste Drähte bildeten zwei Seiten eines gleichwinkligen Dreiecks, in dem die Höhe gleich der Basis war. Die Basis wurde durch eine Tangentschraube in die Durchgangsrichtung gebracht. Aus der Differenz der Durchgangsdauer zweier Sterne von Faden zu Faden erhielt man dann den Declinationsunterschied.

Es wurden auch Mikrometer nur für Positionsmessungen benutzt; eins der ersten wird das von Nairne **[Fig. 105]** für Herschel angefertigte gewesen sein, das um 1779 entstanden sein muß, sich aber nicht bewährt haben soll (Pearson **2**, 249). Später wurden sie von Troughton auch für Distanz-Messungen ausgebildet **[Fig. 106]**; in einem Gehäuse gleiten in einander zwei Fadenträger mit aus dem Gehäuse vorspringenden

Schraubenbolzen, an denen sie durch Muttern mit Theilrand zu bewegen sind. Spiralfedern heben den todten Gang auf.

Sehr gerühmt wurden die (nach La Hire's Vorgang) in Glas gezogenen Theilungen Brander's[1]) (Lambert's Anmerkungen, Augsburg 1769, S. 53), die eine Verfeinerung des tubus cancellatus Tycho's darstellen. Er theilte mit einem Diamanten Gitter, deren Linien $^1/_{10}$''' Abstand und $^1/_{200}$''' Dicke hatten.

Es entstanden noch verschiedene Ocularmikrometer, die auf der Erzeugung von Doppelbildern beruhen. 1777 brachte Maskelyne sein »Prismatic Micrometer« in Vorschlag, ziemlich gleichzeitig und unabhängig von ihm Rochon[2]) ein ähnliches Mikrometer, ohne ihm einen Namen zu geben **[Fig. 107]** (Ph. Tr., **67**, 799, Mém. Par. 1777, 64 ff., für beide auch Pearson **2**, 197, 201 ff.). Beide verwandten eine doppelbrechende Platte, die aus zwei Bergcrystall-Prismen zusammengekittet war, von gleicher Form, aber eins parallel zur Hauptachse, das andere rechtwinklig dazu geschnitten und die Hypotenusenflächen so gegen einander gelegt, daß eine planparallele Platte entstand, die, in ein Fernrohr gebracht, neben dem in der optischen Achse entstehenden Bilde ein zweites Bild erzeugte. Da der Abstand der Bilder abhängig ist von der Stellung der Platte im Fernrohr, abnehmend mit der Annäherung an das Ocular, so befestigte man die Platte an einem inneren Schiebrohr, das sich durch einen Schlitz in dem cylindrischen Fernrohr verstellen und seiner Lage nach durch einen Index gegen eine Längentheilung am Rohr bestimmen ließ. Der Winkelwerth der Theilung war durch Versuche zu ermitteln.

Ramsden gab um 1779 zwei Doppelbild-Mikrometer an (Pearson **2**, 181), ein dioptrisches und ein katoptrisches. Das erstere enthielt eine durchschnittene Linse kurz vor dem Eintritte der vom Objectiv kommenden Strahlen ins Ocular; die beiden Linsenhälften waren in zwei Schlitten mit Theilungen gefaßt und wurden durch Trieb bewegt. Solche Mikrometer soll auch G. Dollond[3]) später ausgeführt haben. — Ramsden's katoptrisches Mikrometer (Pearson **2**, 194) ist für einen Cassegrain-Reflector gedacht. Der letzte Spiegel ist durchschnitten, und die beiden Hälften sind getrennt gehalten, die eine fest, die andere um eine Achse drehbar, welche durch Hebel und Schraube mit getheiltem Kopf von außen her verstellt werden kann. Uebrigens berichtet Pearson (**2**, 185), daß Ramsden die Idee zu seinem Mikrometer von Nairne entnommen habe, der zuerst ein ähnliches anfertigte, und zwar mit Bewegung der beiden Linsenhälften durch zwei Gewinde verschiedener Steigung, nach Townley. —

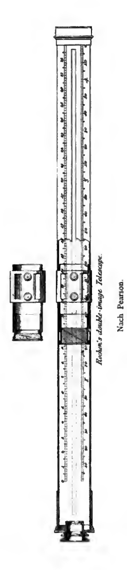
Es sind hier zunächst einige wichtige Neuerungen nachzuholen: das Heliometer, die nautischen Spiegel-Instrumente, Tob. Mayer's[4]) Wiederholungs-Verfahren und als wesentliches Hülfswerkzeug die Theilmaschine.

18. Die ersten Heliometer.

Die als Heliometer bezeichneten Objectivmikrometer sind, dem Namen entsprechend, ursprünglich zur Messung des Durchmessers der Sonne (auch des Mondes)

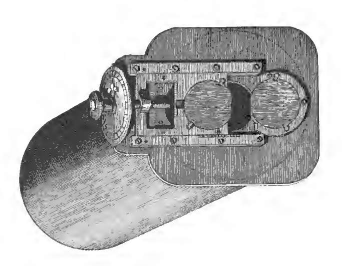
[1]) Georg Friedrich Brander, Regensburg 1713 — Augsburg 1783.
[2]) Alexis Marie de Rochon, Brest 1741 — Paris 1817, Dir. obs. Brest.
[3]) George Huggins, gen. Dollond, Neffe von John D., London 1774—1852.
[4]) Tobias Mayer, Marbach 1723 — Göttingen 1762.

Fig. 107
(zu Seite 72).



Rochon's double-image Telescope.

Nach Pearson.

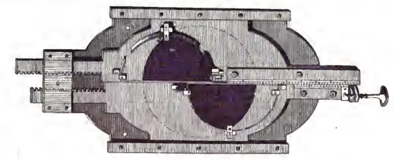


Bouguer's Heliometer, 1748,

nach La Lande, Astronomie.

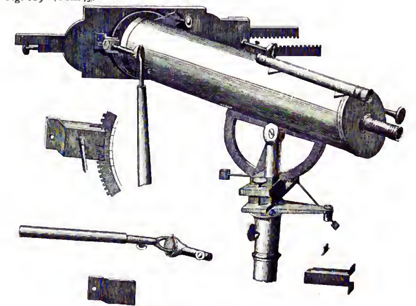


Fig. 109 [a] (zu Seite 73).



Dollond's Heliometer-Kopf, 1755,
nach La Lande, Astronomie.

Fig. 109 [b] (zu Seite 73).



Dollond's Heliometer, 1755,
nach La Lande, Astronomie.

bestimmt gewesen. Schon 1675 hat Römer in der Pariser Akademie ein Verfahren dafür angegeben; er wollte ein Fernrohr mit zwei Objectiven versehen und diese gegen einander verschiebbar machen (Du Hamel, Histoire, 1701, S. 148). La Hire spricht 1711 ebenfalls von derselben Anordnung (Mém. Par. 1717, 60), hat sie aber aufgegeben, weil das Rohr zu lang werden und im Gebrauch nicht bequem sein würde. Er wollte sie in Verbindung mit einem Ocularmikrometer benutzen. Derselbe Vorschlag wurde 1743 noch von Servington Savery gemacht, d. h. bei der Royal Society eingereicht (Ph. Tr. **48**, 83), blieb dort aber bis 1753 unbeachtet liegen und wurde erst auf Short's Nachfrage hervorgesucht. Savery modificirt seinen Vorschlag auch dahin, statt der beiden kleinen Objective zwei gleiche Segmente eines größeren zu benutzen. Der herauszuschneidende Streif sollte im Fernrohr dem Sonnendurchmesser nahezu entsprechen, so daß die an einander gerückten Segmente in der Brennebene zwei Sonnenbilder mit geringem Abstand erzeugten, der durch ein Fadenmikrometer gemessen werden konnte.

Nochmals aufgenommen und auch ausgeführt wurde das Project mit den beiden kleinen Objectiven 1748 von Bouguer[1]) und zwar mit der Verbesserung, den Zwischenraum der beiden Sonnenscheiben durch die meßbare Verschiebung des einen Objectivs rechtwinklig zum Schnitt bis zur Berührung der Bilder zu finden (La Lande, § 2433). Bouguer erst nannte sein Instrument: »héliomètre« **[Fig. 108]**.

Die soeben besprochenen Constructionen hatten den besonderen Zweck, nicht sowohl den Sonnendurchmesser selbst zu messen (dafür wären sie ganz unbrauchbar), als nur den Unterschied bei größter und kleinster Annäherung der Erde, und denselben Zweck mag ursprünglich J. Dollond verfolgt haben, als er 1753 sein erstes Heliometer herstellte **[Fig. 109a]**. Es wurde aber thatsächlich ein den andern in der Verwendbarkeit weit überlegenes Instrument, da es nicht nur die unmittelbare Messung des Sonnendurchmessers gestattet, sondern darüber hinaus, und auch hinunter bis zu kleinsten Winkeln, Abstände mit großer Schärfe messen läßt. Die Bezeichnung »Heliometer« trifft daher hier kaum noch zu, ist aber mit der Zeit allgemein gebräuchlich geworden, während die eigentlichen Heliometer nicht zur Geltung gekommen sind. Dollond durchschnitt ein Objectivglas in zwei gleiche Hälften und machte sie im Sinne des Schnittes gegen einander verschiebbar, und zwar gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung durch ein Trieb, welches in der Schnittlinie steht und in Zahnstangen an den Schiebern der Objectivhälften greift. Die Schiebungen waren aber insofern einseitig, als sie in der einen Richtung nur bis zur Coïncidenz der beiden Hälften führten. Die Messung der gegenseitigen Verschiebung geschah durch einen Maaßstab an dem einen Schlitten und einen entsprechenden Vernier an dem anderen. Der ganze Kopf war in Position durch Zahnkranz und Trieb drehbar und nach einer groben Theilung ablesbar. Durch lange, zum Ocular führende Gelenkschlüssel konnten Abstand und Position verstellt werden **[Fig. 109b]**. Die Aufstellung war eine einfach altazimuthale, ohne Kreise. Dollond's Heliometer wurde zuerst vor einem Reflector von Short versucht, dann vor dem Objectiv eines Refractors, bis endlich G. Dollond ein durchschnittenes achromatisches Objectiv allein verwandte (Pearson, **2**, 166, 180).

[1]) Pierre Bouguer, Croisic 1698 — Paris 1758.

19. Nautische Spiegel-Instrumente.

Als See-Instrumente waren vor den Spiegel-Instrumenten die folgenden in Gebrauch:

Zunächst der althergebrachte, aber vielleicht erst spät zur See verwandte Jakobstab (Gradstock, Baculus Jacob, Baculus oder Radius astronomicus), der allmählich seine Gestalt wohl etwas verändert hatte **[Fig. 110]**. Metius beschreibt ihn 1633 (Metius **1**, 179) als einen vierkantigen Stab von 4 bis 5^f Länge, auf dem zwei oder auch drei Querstäbe sich verschieben lassen. Für jeden der Querstäbe ist an einer der Flächen des Hauptstabes eine besondere Theilung angebracht, und zwar beginnt jede mit einem Strich, der um die halbe Länge des Querstabes von dem Augenende des Hauptstabes entfernt ist und nach welchem eingestellt die Enden des Querstabes also einen Winkel von 90° angeben. Es folgt eine Theilung von halbem zu halbem Grad, die nach einer Tangententafel aufgetragen wird. — Man darf bezweifeln, ob die durch die drei Arme gewonnene dreifache Ablesung die Beobachtung wesentlich verschärft hat[1]).

Metius giebt noch einen neuen, von Wilhelm Blaeu[2]) construirten Stab an, bei dem der Querstab am oberen Ende des Hauptstabes fest aufgesetzt ist und drei Visire trägt: eins in der Richtung des Hauptstabes, eins in solchem Abstande, daß es 30° anzeigt und ein bewegliches (cursor), welches sich durch Schnur und Rollen vom Augenende her nach der andern Seite des Querstabes bis auf 30° verschieben läßt **[Fig. 111]**. Seine Stellung läßt sich nach Tangenten ablesen. Will man über 30° messen, so sind das äußere feste Visir und der Cursor zu benutzen.

Von beschränkterem Gebrauch war das in einfachster Form ausgeführte Astrolabium: eine durchbrochene Theilscheibe, um deren Mitte eine Alidade mit zwei Visiren drehbar ist **[Fig. 112]**. Das Ganze ist an einem leicht beweglichen Handring zu halten, so daß das berichtigte Instrument durch das eigene Gewicht bei Ablesung Null den Horizont anzeigt.

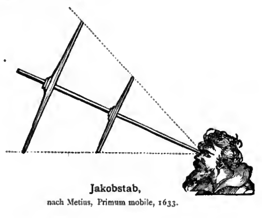
Bequemer, und noch einfacher als das Astrolabium, war der See- oder Sonnenring (Annulus orbicularis) **[Fig. 113]**. Der Ring ist von rechtwinkligem Querschnitt und ist hängend zu benutzen, wie das Astrolabium; er hat aber keine Visire, sondern eine Schlitzöffnung am oberen Theil, durch welche die Sonne auf die innere Fläche des Ringes scheint. Die hier oder auf der angrenzenden Planfläche befindliche Gradtheilung giebt also, auf den Schlitz bezogen, nur den halben Bogenwerth an und gestattet daher eine schärfere Ablesung. Durch zwei um 60° von einander entfernte Schlitze ist das Feld der Höhenmessung auf 90° ausgedehnt.

Bessere Höhenmessungen wird der in größerem Maaße ($r = 2$ bis 3^f) aus Holz hergestellte See-Quadrant gegeben haben **[Fig. 114]**. Er hat eine Alidade mit zwei Schlitzvisiren und außerdem feste, der Horizontablesung entsprechende Visire. Diese hält man auf den Horizont gerichtet und bringt die Alidade zugleich in solche Lage, daß das durch das obere Visir der Alidade fallende Sonnenlicht das untere überdeckt. Die gleich-

[1]) S. wegen des Jakobstabes die sehr ausführliche Schrift von A. Schück im Jahres-Bericht 1894/95 der Münchener Geogr. Ges. 1896, S. 93.

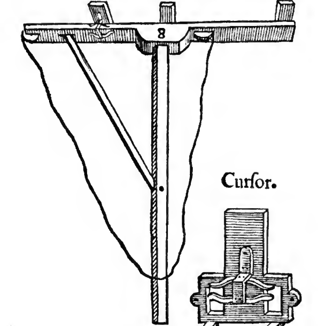
[2]) Willem Janszoon Blaeu, Alkmaar 1571 — Amsterdam 1638, Kartograph.

Fig. 110
(zu Seite 74).



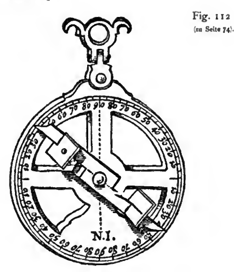
Jakobstab,
nach Metius, Primum mobile, 1633.

Fig. 111
(zu Seite 74).



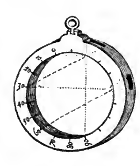
Jakobstab mit Cursor,
nach Metius, Primum mobile, 1633.

Fig. 112
(zu Seite 74).



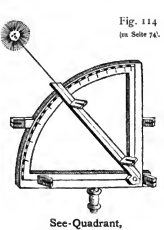
See-Astrolabium,
nach Metius, Primum mobile, 1633.

Fig. 113
(zu Seite 74).



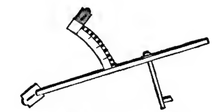
Sonnenring,
nach Metius, Primum mobile

Fig. 114
(zu Seite 74).



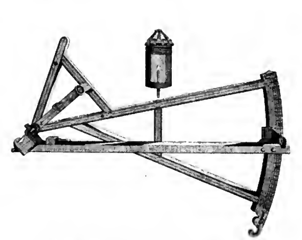
See-Quadrant,
nach Metius, Primum mobile.

Fig. 115
(zu Seite 75).



Davis-Radius oder back-staff, um 1600,
nach Metius, Primum mobile.

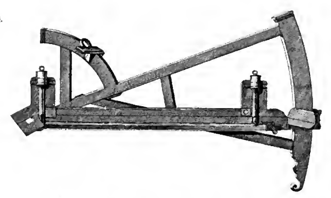
Fig. 116
(zu Seite 75).



Davis-Quadrant mit Beleuchtung nach Elton.
nach Philos. Trans. 1732, 273.

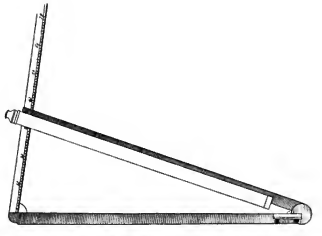


Fig. 117
(zu Seite 75).



Davis-Quadrant mit Wasserwaage nach Leigh,
nach Philos. Trans. 1738, 413.

Fig. 118
(zu Seite 75).



Hooke's Instrument for taking angles at one prospect, um 1680,
nach Hooke, Posthumous works.

zeitige Beobachtung beider Richtungen erfordert natürlich einige Uebung. — Man benutzte auch Quadranten mit zwei festen Visiren und einem vom Mittelpunkt der Theilung herabhängenden Lothe. Man hatte dann in dem Augenblicke, wo die Visire in Richtung standen, den Lothfaden gegen die Theilfläche zu drücken und an ihm die Theilung abzulesen.

Um 1600 war ein Stab mit daranschließendem kurzem Bogen in Gebrauch, der es ermöglichte, Sonnenbeobachtungen zu machen, ohne gegen das volle Licht sehen zu müssen **[Fig. 115]**. Ein am getheilten Stab verschiebbarer einseitiger Querarm trug eine durchbohrte Platte, die der Beobachter rückwärts gegen die Sonne kehrte und in solche Lage brachte, daß die durch die Bohrung fallenden Sonnenstrahlen eine andere Platte, am unteren Ende des Stabes, trafen, die zugleich das vordere Visir gegen den Horizont hin bildete. Das Augenvisir war an dem Gradbogen zu verschieben und abzulesen; die Summe der beiden Ablesungen gab die Höhe der Sonne. Ein solches Meßwerkzeug sah Metius 1605, zog aber den Quadranten vor (Metius **1**, 177); er nannte es einen »Radius«, meist wird es indeß mit dem englischen Ausdruck »Back-staff« bezeichnet. Auch als »Davis-Quadrant« wird es aufgeführt, offenbar seiner Form nach wenig zutreffend und wohl durch Verwechselung mit einem vor 1605 entstandenen und nach seinem Erfinder, dem berühmten Seefahrer Davis[1]), benannten See-Instrument, das nur in seiner Zweitheiligkeit dem vorigen ähnelt, dessen Anordnung im Uebrigen aber mit dem Aufkommen des Fernrohres in Beziehung zu stehen scheint, oder es vielmehr zu einem Vorläufer desselben macht. Statt des Stabes und seines Armes ist neben dem Visirbogen ein zweiter Bogen, von kleinerem Halbmesser, eingeführt mit einer daran verschiebbaren Linse, welche die Strahlen der Sonne, des Mondes oder eines hellen Sternes auf der unteren Platte concentrirt. Die auch hier stattfindende Zweitheilung, für die kein rechter Grund mehr zu erkennen ist, läßt vermuthen, daß Davis auch der Erfinder des Back-staff war. — Der Davis-Quadrant ist lange beliebt gewesen, und es wurden viele Vorschläge zu seiner Verbesserung gemacht. Die Abbildung **[Fig. 116]** zeigt z. B. einen solchen von 1732 nach Elton's Angabe, mit einem Niveau, das Höhenmessungen auch bei unsichtbarem Horizont möglich machte, und einem anderen zur Controlle der Lage des Instruments in einer senkrechten Ebene, auch eine Laterne für Sternbeobachtungen. — Leigh dagegen will (1737) statt des Niveaus eine communicirende Röhre anwenden **[Fig. 117]**.

In Paris versucht Megnier um 1724 noch einmal einen aufgehängten Halbkreis mit einem Spalt in der Mitte, dessen Projection an dem getheilten Rande abgelesen wird (Hist. de l'Acad., Paris 1724).

Alle diese älteren, wenig vollkommenen Instrumente wurden durch den Spiegelsextanten entbehrlich gemacht. Das demselben zu Grunde liegende Princip der Theilung des Strahlenbüschels eines Objectivs durch einen dieses zur Hälfte verdeckenden, mit einer Alidade drehbaren Spiegel, der die Strahlen eines zweiten Objects empfängt, ist schon 1680 von Hooke zu einem Constructions-Vorschlage verwerthet worden **[Fig. 118]**. Von zwei durch ein Gelenk verbundenen Schenkeln trägt hier der eine ein Fernrohr, der andere einen Planspiegel, dessen Kante rechtwinklig über dem

[1]) John Davis, Sandridge (Devonshire) 1550? — Malacca 1605.

Drehungsmittelpunkte steht. Liegen die Schenkel an einander, so liegt die Ebene des Spiegels parallel zur optischen Achse des Fernrohrs; durch Oeffnen der Schenkel kann man neben einem direct gesehenen Gegenstand einen zweiten, durch den Spiegel reflectirten ins Feld bringen und den Abstand beider durch ein Chorden-Lineal messen. — Ein besseres, längere Zeit unbekannt gebliebenes Project wird auf Newton zurückgeführt. Maskelyne macht (Ph. Tr. 1742, 155) Mittheilung über ein »Paper found, in »the Hand writing of Sir Isaac Newton, among the papers of Dr. Halley, containing »a description of an instrument for observing the Moon's Distance from fixed stars at »Sea« und giebt eine Zeichnung bei **[Fig. 119]**. Ein an einem Sector mit der Alidade drehender Spiegel reflectirt auf einen daneben stehenden, der das Objectiv des Fernrohres halb überdeckt; man erhält so zwei Bilder von annähernd gleicher Lichtstärke für einen größeren Ausschlag. Da Newton 1727 gestorben ist, so ist danach die Zeit des Ursprungs dieses Entwurfs zu beurtheilen.

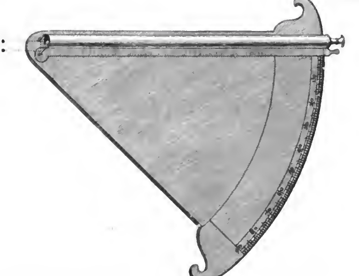
Im Jahre 1731 legte dann Hadley der Royal Society eine Beschreibung seines »Spiegel-Octanten« vor, und wohl schon ein fertiges Exemplar, denn es ist in den Philosophical Transactions eine volle Zeichnung beigegeben (Ph. Tr. **37**, 147 ff.) **[Fig. 120]**. Sie stellt einen Holz-Octanten dar mit rechtwinklig zu dessen Mittellinie angeordnetem kleinem Fernrohre, das mit seinem Träger abgenommen und durch eine Brücke mit Visiren (Loch und Kreuz) ersetzt werden kann. Es sind zwei feste Spiegel angebracht, einer für kleinere, der andere für 90° überschreitende Winkel. Vor den Spiegel der Alidade kann ein Blendglas gedreht werden. Die Theilung des Sectors zeigt halbe Grade; die Ablesung geschieht an einem Draht als Index. Fünfzig Jahre später finden wir im Wesentlichen noch dieselbe Anordnung (Adams, 245), doch sind die Blendgläser zwischen die beiden Spiegel gestellt; die Theilung geht auf 20′ und ist durch Vernier auf 1′ ablesbar **[Fig. 121ᵃ]**. Ein Fernrohr ist nicht vorhanden, sondern scheint für den Sextanten **[Fig. 121ᵇ]** reservirt zu sein, der auch aus Metall gebaut und durch Vernier auf die halbe Minute ablesbar ist.

Für Reflex-Beobachtungen benutzte man Wasser-, Oel- und Quecksilberflächen, zum Schutze gegen Wind mit Dächern von Marienglas (Mica) überdeckt. Zach schlug 1788 auch vor, ein farbiges, an der unteren Seite matt geschliffenes Planglas anzuwenden, das nach einem darauf gesetzten Niveau horizontal gerichtet wurde (Bohnenberger, 103).

Betreffs der Uhren, welche zur See benutzt wurden, fand man große Schwierigkeit, ohne feste Aufstellung einen guten Gang durch lange Zeit zu erreichen. Erst 1761 gelang es Harrison[1]), angespornt durch einen hohen, von der englischen Regierung ausgesetzten Preis, ein für Monate brauchbares Chronometer herzustellen (Bailly **3**, 111). In Frankreich suchten Le Roi[2]) und Berthoud[3]), mit der an einem Compaßringe aufgehängten Pendeluhr, durch Feder, aber auch durch Gewicht betrieben, dasselbe Ziel zu erreichen (Berthoud, **2**, 235 ff.). Sie sollen auch, nach De Lambre (Mém. mathémat. de l'Institut, Paris 1808, 30), mehr geleistet haben, als das englische Preisausschreiben verlangte, aber diese horloges marines nahmen viel Raum ein und bewährten sich auf die Dauer nicht.

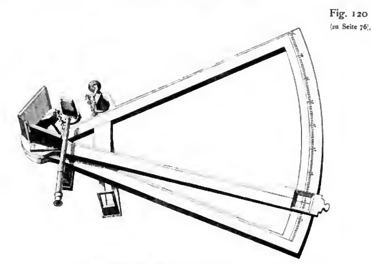
[1]) John Harrison, Foulby 1693 — London 1776.
[2]) Pierre Le Roi, Paris 1717 — Vitry bei Paris 1785.
[3]) Ferdinand Berthoud, Plancemont bei Neuchâtel 1727 — Groslay bei Montmorency 1807.

Fig. 119
(zu Seite 76).



Newton's Project eines Spiegel-Octanten, um 1725, nach Phil. Trans. 42.

Fig. 120
(zu Seite 76).



Hadley's Octant, nach Phil. Trans. 1731.



Fig. 121 a
(zu Seite 76).

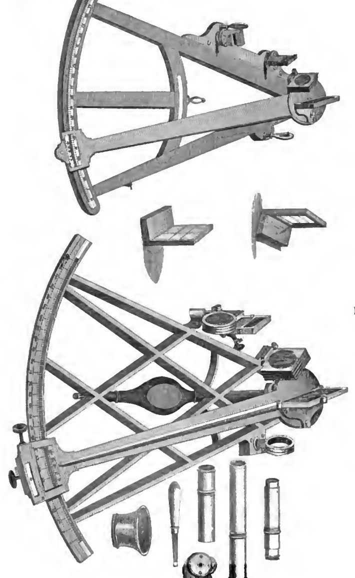
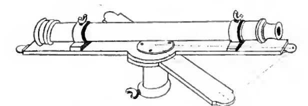


Fig. 121 b
(zu Seite 76).

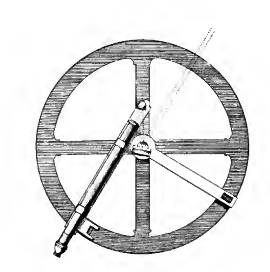
Octant und Sextant von Adams nach Hadley, 1790,
nach Adams, Geometrical and graphical Essays.

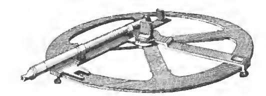
Fig. 122
(zu Seite 77).



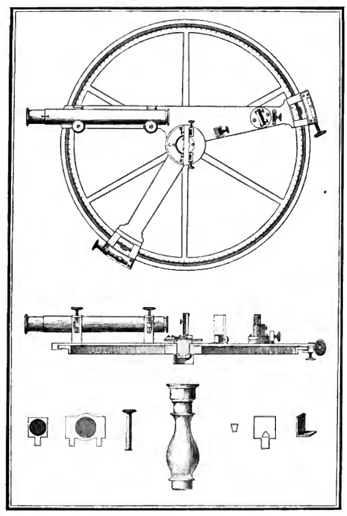
Tob. Mayer's Recipiangle, 1752,
nach J. T. Mayer, Prakt. Geometrie.

Fig. 123
(zu Seite 77).





Tob. Mayer's Spiegelkreis, 1770,
nach Mayer, Tabulae Solis.



Borda's Spiegelkreis, um 1775,

nach Borda.

20. Mayer's Wiederholungs-Verfahren.

Während Tobias Mayer sich früher für geodätische Messungen einfacher, auf einem Dreifuße aufgestellter Theilscheiben mit einem darüber drehbaren Fernrohre oder mit einfachen Dioptern begnügt hatte, die aber, z. B. in J. T. Mayer's[1]) Prakt. Geometrie, noch den in keiner Weise mehr zutreffenden Namen »Astrolabium« führten, veröffentlichte er 1752 seine »Nova methodus perficiendi instrumenta geometrica« (Comment. Soc. R. Gott. 1752, **2**, 325, s. auch J. T. Mayer, Prakt. Geom. 1814, **1**, 423, 551), worin er sein »Recipiangle« beschreibt **[Fig. 122]**; zwei unabhängig von einander um einen senkrechten Zapfen drehbare Lineale, an deren Enden, in gleichem Abstande vom Mittelpunkte, sich feine Bohrungen befinden; das obere Lineal trägt ein Fernrohr. Um nun den Winkel zwischen zwei Objecten im Horizont zu bestimmen, werden zunächst die beiden Bohrungen zur Coïncidenz gebracht und das Fernrohr auf das erste Object eingestellt. Während dann das untere Lineal unverrückt stehen bleibt, wird das obere (mit Fernrohr) auf das zweite Object einvisirt, und die beiden Bohrungen würden die Sehne des gesuchten Winkels geben. Mayer mißt ihn aber nicht unmittelbar, sondern führt beide Lineale in unveränderter gegenseitiger Stellung so weit zurück, daß das Fernrohr wieder auf das erste Object gerichtet ist, um dann das untere Lineal stehen zu lassen, das obere aber wieder auf das zweite Object zu führen. Wenn dieses Verfahren $n$mal wiederholt wird, bis die angebohrten Punkte in (durch ein Chorden-Lineal) bequem meßbaren Abstand kommen, so erfolgt die Messung des gesuchten Winkels, die Unveränderlichkeit der Lage des jedesmal ruhenden Lineals vorausgesetzt, aus der Messung des Abstandes $+ x \cdot 360°$ mit $n$facher Vergrößerung.

Dieses Wiederholungs- (Repetitions- auch Multiplications-)Verfahren brachte Mayer auch für ein nautisches Spiegel-Instrument in Vorschlag; zuerst in den Göttinger Commentarien von 1750, dann durch ein Holzmodell, das er 1754 der englischen Admiralität übersandte (M. C. **4**, 242). Eine Zeichnung **[Fig. 123]** und Beschreibung desselben ließ er 1755 mit seinen später preisgekrönten Mondtafeln folgen, die indeß erst 1770 veröffentlicht wurden (Tabulae motuum solis et lunae, auct. Tobia Mayer, Londini 1770). Mayer hatte erst nachträglich von dem auf Newton zurückgeführten Entwurf (oben S. 76) gehört und erkennt an, daß dieser dem seinigen wegen Verbindung des Fernrohres mit der Alidade vorzuziehen sei (a. a. O. 37/8). Auf die Wiederholungs-Vorrichtung, von der er nur sagt, daß man sie »mutatis, quae mutari oportet« an seinem Instrument einführen könne, legt er keinen besonderen Nachdruck, und dadurch erklärt sich wohl, daß sie zunächst unbeachtet blieb.

Das erste Instrument solcher Art ließ Borda[2]) um 1775 von Le Noir[3]) in Paris herstellen **[Fig. 124]**. Borda giebt 1787 eine Beschreibung desselben. Durch Zurückziehen des Fernrohres hinter den beweglichen Spiegel und Vorrücken des festen erreicht Borda den wesentlichen Vortheil, über einen beträchtlich größeren Winkel messen zu können (Desc. et usage du cercle de réflexion, 1816). Es entstand so

[1]) Johann Tobias Mayer, Göttingen 1752—1830, Prof. math.

[2]) Jean Charles Borda, Dax 1733 — Paris 1799, Marineoffizier.

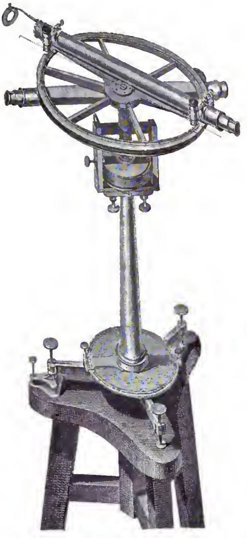
[3]) Etienne Le Noir, Blois 1744 — Paris 1832.

ein sehr geschätztes Meßwerkzeug, das bald auch in größerer Form und dann mit zwei getrennten Fernrohren, ohne Spiegel und mit Aufstellung auf einer Säule, von Le Noir und Fortin[1]) ausgeführt wurde (Puissant, **1**, 148) **[Fig. 125]**. Beide Fernrohre drehen sich unabhängig um eine Achse, die an einem Ende den Kreis, am anderen Ende eine Scheibe mit Gang ohne Ende und Tangentschraube trägt. An dem Rande des Kreises von ⊔-förmigem Querschnitt lassen sich beide Fernrohre beliebig klemmen und je durch eine Schraube einstellen. Die gemeinsame Fortführung beider eingestellten Rohre mit dem Kreise geschieht durch die Tangentschraube, die für große Winkel ausgelöst werden kann. Die Büchse der Fernrohrachse läßt sich um einen Querzapfen in einem Gabelkopf der Säule durch eine Tangentschraube in beliebige Lage bringen. Die Drehung um die Säule geschieht durch Rad und Trieb. — Bei Zenithdistanz-Messungen wird das eine Fernrohr nach einem darauf befestigtem Niveau horizontal gerichtet, das andere auf den Stern gestellt und dann abgelesen; darauf wird das Instrument um die senkrechte Achse um 180° gedreht, das auf den Stern eingestellt gewesene Fernrohr gelöst und wieder auf ihn zurückgeführt und eingestellt. Die Ablesung ist dann um die doppelte Zenithdistanz von der ersten verschieden. Man setzt dies Verfahren nach Belieben fort, indem man, nach Rückgang in die erste Lage, das Fernrohr durch Bewegung des ganzen Kreises auf den Stern führt, so daß das Rohr mit dem Niveau auf andere Theilstriche gebracht wird. Es sind zwei Personen zur Beobachtung erforderlich, und sie müssen große Vorsicht anwenden, um sich gegenseitig bei den Einstellungen nicht zu stören, um so mehr, da der Stern seine Höhe ändert. — Bei terrestrischen Winkelmessungen wird das obere Fernrohr zunächst auf den Nullpunkt des Kreises eingestellt, dann durch Drehung mit dem Kreise auf eins der zu messenden Objecte und das untere Fernrohr auf das zweite Object gerichtet. Darauf werden die beiden Rohre, beide unverändert am Kreis befestigt, so weit verdreht, bis das untere Fernrohr auf dem ersten Object steht. Wenn nun das obere Rohr gelöst und auf das erste Object zurückgeführt wird, so ergeben die Ablesungen das Zweifache des zu messenden Winkels. Auch diese »observation croisée« (Puissant, **1**, 152) kann beliebig wiederholt werden. — Nur bei dieser Beobachtungsart kommt das zweite Fernrohr als solches zur Geltung, und es ist in der That entbehrlich, wenn man Mayer's ursprüngliches Verfahren am Recipiangel benutzt (M. C. **9**, 452; Puissant, **1**, 142). Ein solches Instrument diente 1787 bei den Vermessungen zwischen Paris und Greenwich.

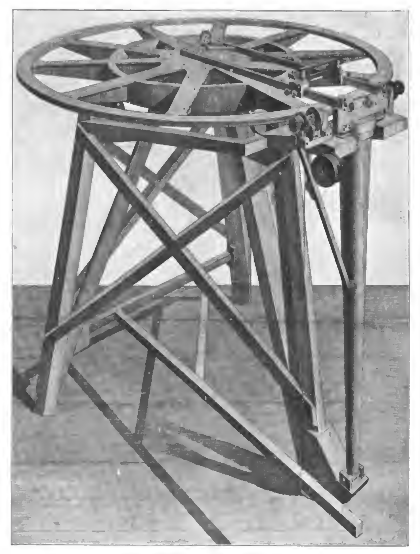
Leider scheint auf die Ausführung dieser Instrumente nicht genügende Sorgfalt verwandt worden zu sein; die Theilung ist nach Zach (M. C., **10**, 254 rect. 354) nicht gleichmäßig und fein genug und giebt bei 19^z Durchmesser nur 20″, während englische Sextanten von $r = 5^z$ auf 10″ abzulesen sind. Auch waren sie der hohen Säule wegen sehr empfindlich, und Puissant[2]) klagt über die Tangentschraube im Gang ohne Ende, die häufig beim Einspringen das Instrument verstellte (Puissant **1**, 148). Ein Uebelstand war noch, daß man nur sehr nahe dem Horizont Azimuthalwinkel messen durfte, wenn man eine besondere Reduction vermeiden wollte. Der Kreis war in Uebertreibung

[1]) J. Fortin, Mouchi-la-Ville bei Clermont 1750 — Paris 1831?

[2]) Louis Puissant, La Ferme de la Gastellerie bei Chatelet 1769 — Paris 1843, Prof. geod.



Großer Borda-Kreis, um 1785,
nach Puissant, Traité de géodésie.



Ramsden's Theilmaschine, 1773,

nach Ramsden, Description d'une machine pour diviser etc. traduite par M. de la Lande.

des Decimal-Systems in 400 Grade getheilt. — Eine Neuerung, von der übrigens kein Aufhebens gemacht wird, ist vielleicht das Aufschneiden der Muttern der Fußschrauben und die Klemmschrauben daran; es wäre freilich auffällig, wenn dieser Kunstgriff nicht schon früher gebraucht wäre.

Ein Hülfsmittel zur Berichtigung der Absehlinie der Fernrohre parallel zum Kreise, von dem unnöthig viel die Rede gewesen, war die sogenannte »lunette d'épreuve«. Sie bestand aus einem kleinen Fernrohre mit zwei vierkantigen Lagerklötzen, die gegen die Absehlinie so berichtigt waren, daß der Faden in der einen und der andern, um 180° um die optische Achse gedrehten Lage sich auf die gleiche ferne Höhenmarke projicirte. Dieses Rohr legte man dann auf den annähernd horizontalen Kreis, neigte ihn, bis der Faden eine ferne Marke traf, und berichtigte danach das Fernrohr (Puissant **1**, 148). Reichenbach[1]) sagt (R.-Gauss 16./12. 1812): »Die so hoch berühmte lunette »d'épreuve ist nach meiner Einsicht die schlechteste Methote, den Parallelismus der »optischen Axe mit der Ebene des Kreises zu bestimmen, den kein Limbus, und am »allerwenigsten der Französische, ist eine vollkommene gerade Ebene.«

21. Die Theilmaschinen.

Als die Hadley-Sextanten in Aufnahme gekommen waren, die in großer Anzahl gebraucht wurden, aber um ihrem Zweck zu genügen, nur in kleinen Dimensionen ausgeführt werden durften, machte sich bald ein Bedürfniß geltend, die Handtheilung durch ein besseres und weniger zeitraubendes Verfahren zu ersetzen, und es lag nahe, daß ein Ramsden sich frühzeitig mit dieser Aufgabe beschäftigte. Schon seit 1760 soll er sich die Sache überlegt haben, und 1763 hatte er seine erste Kreis-Theilmaschine fertig (Ramsden, 6 ff.). Sie genügte ihm aber nicht, und er machte sich alsbald an die Ausführung einer vollkommeneren, die ihm von 1773 ab lange gedient hat **[Fig. 126]**. Die erste verkaufte er an Saron für 100 Louisd'or. Dollond soll auf Grund der ihm bekannten Versuche Ramsden's sich ebenfalls eine Theilmaschine haben herstellen wollen, aber ohne Erfolg.

Ramsden's Verfahren, das er selbst beschrieben hat[2]) (Ramsden, 18 ff.), war ganz eigenartig und zweckmäßig. Er wollte mit der Schraube theilen; es handelte sich also um einen in gleichmäßigen Intervallen eingeschnittenen Muttergang. Da er wußte, daß ein Versetzen der Gänge, entsprechend der beim allmählichen Einschneiden entstehenden Verkürzung des Umfanges des Kreises, unvermeidlich ist und beim ununterbrochenen Fortschneiden ringsum zum Ueberspringen oder Ausreißen des Mutterganges führt, theilte er seinen Kreis von 1,12 m Durchmesser, zunächst nach dem Graham-Bird'schen Verfahren in 240 Theile und schnitt dann von Theil zu Theil mit einer als Gewindebohrer hergerichteten Schraube je 9 Gänge ein, im Ganzen also in 240 Wiederholungen 2160, die je annähernd 10′ darstellten. Es war zu dem Zwecke an dem Lager der Schraube ein Index befestigt, nach dessen Einstellung auf eins der Kreistheile das Einschneiden des gegen

[1]) Georg Reichenbach, Durlach 1772 - München 1826.

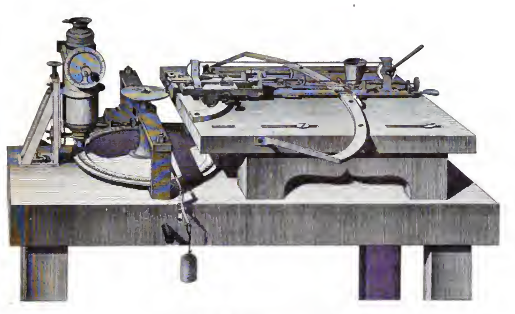
[2]) Die Beschreibung Ramsden's wurde, bald nachdem sie gedruckt worden, bis auf wenige Exemplare durch Feuer zerstört (Ramsden, Préface). La Lande gab dann eine französische Uebersetzung mit einem Briefe Piazzi's über Ramsden's Instrumente.

den Kreisrand gedrückten Bohrers begann. Dieses Einschneiden wurde, um auf die richtige Tiefe zu kommen, dreimal ringsum wiederholt, vermuthlich mit versetztem Index, so daß die Anfangspunkte der 9°-Intervalle sich von dem einen zum andern Male überdeckten und ausglichen. Man konnte so auf einen gleichmäßigen Gang um so sicherer rechnen, als Ramsden die Vorsicht angewandt hatte, vorher einen Probebogen in ein Hülfsstück von 60° zu schneiden, an dem er sich überzeugte, daß die Sehne zwischen 360 Zähnen dem Halbmesser gleich war, und danach erst den Umfang des Kreises auf Maaß gedreht hatte. Durch längeres fortlaufendes Nachschneiden wurde der Muttergang dann noch vollkommener ausgeglichen. — Der Kreis war mit seinen zehn durch Rippen versteiften Speichen aus einem Stück gegossen. Piazzi nennt das Metall: métal de cloche, es war also wohl ein harter Rothguß.

Die in den Kreis greifende Schraube hatte Ramsden mit einem Diamanten in harten Stahl geschnitten. Sie wird getragen von einer am Fuße des Stativs drehbaren Stütze, die oben eine sichere radiale Führung gegen das Kreismittel hin findet. An dieser Stütze ist auch das äußere Ende der Brücke befestigt, welche das Reißerwerk trägt; das andere Ende ruht auf einem vom Kreise aufstehenden centrischen Zapfen, der auch dem zu theilenden Kreise Führung giebt. Vermittelst eines durch ein Pedal beweglichen Schnurlaufes, mit Rückgang durch eine Feder und Anschlägen, wird der Schraube, je nach Feinheit der aufzutragenden Theilung, ein geeigneter Vorschub gegeben. — Das Reißerwerk kann auf der Brücke in beliebigem Abstand von der Mitte eingestellt werden. Es besteht aus einem zwischen zwei Spitzenschrauben hängenden Rahmen, in dem wieder zwischen zwei Spitzenschrauben der Hebel mit dem Stichel beweglich ist. Ein Schaltwerk für die Strichlängen ist nicht angegeben.

Zur gleichen Zeit mit Ramsden, aber mit geringerem praktischen Interesse, erdachte de Chaulnes[1]) zwei ganz andere Theilungsmethoden, die er 1768 veröffentlichte (Nouvelle Méthode pour diviser les instruments de mathématique et d'astronomie, Paris 1768) **[Fig. 127]**. Bei dem ersten Verfahren benutzt er eine Anzahl je mit einem feinen Kreuze versehener Plättchen, die neben dem zu theilenden Reifen zeitweilig befestigt werden (mit Klebwachs oder angeschraubten Druckstücken), und zwar zunächst zwei derselben in 180° gegenseitigen Abstandes. Zu dem Zwecke wird die zu theilende Scheibe unter zwei festen Mikroskopen mit Fadenkreuzen solange um 180° gedreht und werden dazwischen die Plättchen mehr und mehr berichtigt, bis keine Abweichung zwischen den beiden Lagen mehr zu erkennen ist. Darauf wird das Kreuz des einen Plättchens mit Hülfe eines schrägstehenden Mikroskops genau unter den Reißer gebracht, über das andere wird ein Mikroskop mit Fadenkreuz eingerichtet, und zwischen diesen beiden Kreuzen werden zu jeder Seite zwei neue Plättchen unter zwei Mikroskopen in annähernd 60° Abstand wiederholt eingestellt und dabei die neuen Plattenkreuze und die Mikroskope allmählich völlig berichtigt. Dann werden nach den so festgelegten 60°-Punkten die ersten sechs Striche gezogen, und in analoger Weise wird die Theilung fortgesetzt, in 30° und 10°, wenn, wie angenommen, die Mikroskope ein Intervall von 5° nicht mehr gestatten. Um weiter zu kommen, braucht Chaulnes das Hülfsmittel, zwei Mikroskope in 9° Abstand aufzustellen und Plättchen in gleichen Abständen, also 20 auf 180°

[1]) Michel Ferdinand d'Albert d'Ailly, Duc de Chaulnes, Paris 1714—1769.



De Chaulnes' Theilmaschine, 1768,

nach de Chaulnes, Nouvelle méthode pour diviser etc.



herzurichten und wie früher allmählich gegen einander zu berichtigen; man bekommt also, von 0 ausgehend, 9°, 18° . . . 171° und, wenn man das Verfahren von 10 ausgehend wiederholt: 19, 28 . . . 189 u. s. w.; so erhält man alle Gradstriche.

Man darf wohl annehmen, daß eine Theilung in der Weise nie ausgeführt worden ist, und wenn sie es wäre, daß sie nichts getaugt hätte. Wenn man sich vorstellt, welche Schwierigkeit es hätte, die Plättchen und Mikroskope nicht nur in die richtigen Abstände, sondern auch in die richtigen Positionsstellungen gegen einander zu bringen, sie dann zu befestigen, wobei oftmals die Berichtigung wieder gestört würde, und das in zahllosen Wiederholungen auf gut Glück fortzusetzen, so steckt darin eine ihrer inneren Unzuverlässigkeit wegen unbefriedigende Geduldsarbeit, von der man schon beim Durchlesen der Beschreibung des Apparates einen Vorgeschmack bekommt.

Recht gut ist dagegen der zweite Vorschlag (Chaulnes, 36), den man kurz als eine Umkehrung des Tob. Mayer'schen Multiplications-Verfahrens bezeichnen kann. Denn, während man bei diesem dieselbe ferne Strecke in beliebigen Wiederholungen mißt, bis man im Mittel einen von Excentricität und zufälligen Fehlern möglichst unabhängigen Werth erhält, so schlägt Chaulnes vor, die ferne Strecke durch Anwendung des Fernrohres allmählich auf einen solchen Winkelwerth in Bezug auf den Mittelpunkt des zu theilenden Kreises zu bringen, daß sie einem bestimmten Theile des Umkreises genau entspricht, und legt diese dann durch feine, mit Hülfe eines mit dem Fernrohr fest verbundenen Reißers auf dem Kreise gezogene Striche fest, auch hier mit einer starken Herabdrückung der zufälligen Fehler wegen des großen Abstandes der Einheitsstrecke, und sogar unabhängig von einem etwaigen Excentricitätsfehler in der Führung des Reißerwerkes am Kreismittel, wenn dieselbe später, beim Copiren der Theilung, dieselbe bleibt; sie überträgt sich nicht auf den zu theilenden Kreis, wenn dieser centrisch eingerichtet wird. Das Verfahren kann bis zu den kleinsten Einheiten fortgesetzt werden und wird auch besonders für das Eintragen von Unterabtheilungen empfohlen. — Chaulnes giebt auch eine Längen-Theilmaschine an, die nach denselben Principien angelegt ist.

Nach La Lande (Ramsden, Préface) soll Megnié[1]) in Paris 1786 eine große Theilmaschine gebaut haben und später Le Noir eine noch größere; es scheint aber darüber nichts bekannt geworden zu sein, und so mag es auch mit anderen gegangen sein, die von nun an entstanden. Ramsden's Theilmaschine hat für Jahrzehnte den größten Ruf gehabt, und mit Recht, denn sie hat einem bestehenden Bedürfnisse zweckentsprechend genügt. Chaulnes' zweites Theilverfahren war dem Ramsden's ohne Zweifel an Genauigkeit überlegen, aber für Massenarbeit hatte die Theilung durch Schraube große Vorzüge, und man muß anerkennen, daß Ramsden für seine Zeit das Richtige getroffen hatte. Es ist auch nicht zulässig, sein Verfahren etwa als eine Nachahmung Hooke's (Animad., 48—55) zu bezeichnen. Denn Hooke spricht wohl von einer gegen den Umfang seines Quadranten gedrückten Schraube, aber ob sie nur auf Reibung anliegt, oder ob ein Gang eingeschnitten ist, und wie das gemacht ist, darüber sucht man umsonst Auskunft in seinem langen Berichte über eine vielleicht nie ausgeführte Vorrichtung, während in der wohlüberlegten Art Ramsden's, sein Muttergewinde herzustellen, gerade der Grund

[1]) Auch Mégnier, Mégnié, Megnier, vielleicht ein Enkel des S. 75 erwähnten Megnier.

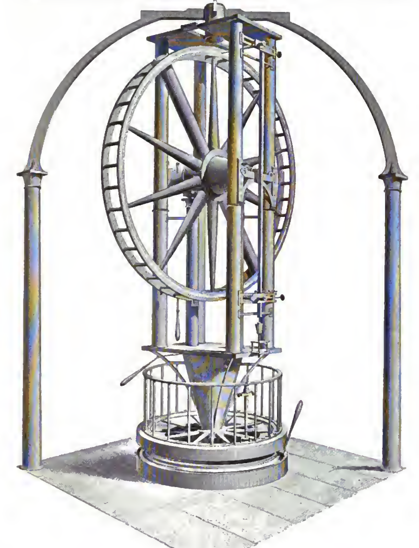
seines Erfolges liegt; und sie führte ihn auch wie selbstverständlich zu einem vollen Kreise, während Hooke bei einem Quadranten stehen blieb. Uebrigens ist der Schraubengang ohne Ende auch an Flamsteed's Sextanten und (ohne Theilscheibe an der Schneckenschraube) schon an den Fußschrauben von Tycho's Azimuthal-Halbkreis benutzt worden.

22. Ramsden, Cary, Troughton.

Neben dem Gelingen seiner Kreis-Theilmaschine, die die Verwendung voller Kreise an den Meßwerkzeugen nahe legte, wird Ramsden wohl durch das Beispiel Römer's, vielleicht auch durch Mayer's Multiplications-Verfahren, das volle Kreise bedingt, und nicht zum wenigsten durch eigene Erkenntniß der Vorzüge der vollen Kreise, über die er sich Piazzi gegenüber ausgesprochen hat (Ramsden, 14), dazu geführt worden sein, diese an Stelle der bisher noch üblichen Quadranten dauernd einzuführen. Er durfte dies um so mehr thun, als er zugleich durch Anwendung von Mikroskopen mit Schraubenmikrometern eine Verschärfung der Ablesung einführte, die die Verringerung des Halbmessers der Theilung reichlich ersetzte. Der bewegliche Faden des Mikrometers vertritt, wenn die Trommel auf Null steht, in dem mittleren der im Gesichtsfelde durch einen Kamm bezeichneten Umgänge den festen Indexpunkt, und nach seiner Einstellung auf den nächsten, darüber hinausgegangenen Theilstrich giebt die Trommel den mikrometrischen Werth des Excesses.

Es war indeß kein geringer Entschluß, den bisher so sehr geschätzten Quadranten zurückzusetzen. Ramsden selbst hatte mehrere ausgeführt, 8-füßige für Padua, Wilna, Mailand und einen 6-füßigen für Blenheim House (Duke of Marlborough), und Piazzi sagt noch in demselben Briefe an La Lande (Ramsden, 13), in dem er Ramsden's Lob singt und das für ihn (P.) in Arbeit befindliche Altazimuth mit vollem Höhenkreise von 5 f Durchmesser sehnsüchtig erwartet: »le quart de cercle mural est l'instrument »le plus important de toute l'astronomie«. Daraus, daß Ramsden die Dimensionen nicht unnöthig ändern wollte, erklärt sich wohl zum Theil der Fehlgriff, die Kreise größer zu halten, als sie, ohne allzu schwer zu werden, aus einem Gusse herzustellen waren. Er wurde dadurch zu jenen vielfach zusammengesetzten Rohr- und Plattengebilden geführt, die eine volle Gewähr für Unveränderlichkeit nicht bieten konnten. Immerhin blieb die Einführung der Kreise ein wichtiger Fortschritt.

Das erste größere Instrument Ramsden's mit ganzen Kreisen war sein für Piazzi gebautes »Altitude and Azimuth Circular Instrument« (Pearson, **2**, 413); man würde diese Bezeichnung jetzt durch »Altazimuth« umschreiben **[Fig. 128]**. Piazzi bezeichnet es als »Lunette méridienne en même temps qu'un Mural« (Ramsden, 14), wobei zu beachten, daß Lunette méridienne für Durchgangs-Instrument, Mural für ein größeres Instrument für Declinationsbeobachtungen gebraucht wird, sogar, wenn es azimuthal drehbar, also garnicht mural war (freilich hat Le Monnier es fertig gebracht, seinen Quadranten mit dem Mauerklotz drehbar zu machen). Ramsden hatte 1788, nach Piazzi's Ausspruchs das Instrument schon zweimal in Angriff genommen und ebenso oft wieder liegen lassen, dann aber ernstlich begonnen und 1789 auch zu Ende geführt.



Ramsden's Altitude und Azimuth Circular Instrument, 1789,
nach Pearson.



Shuckburgh's Aequatoreal von Ramsden, 1791,

nach Phil. Trans. 1793.

Piazzi sagt auch 1788 (Ramsden, 12), Ramsden habe damals schon 9 Jahre an Shuckburgh's Aequatoreal, das mit gleichem Recht ein Circular Instrument genannt werden kann, gearbeitet; es ist aber nach Inschrift erst 1791 fertig geworden und auch der Form nach jünger zu schätzen, als das Altazimuth. Die beiden Instrumente mögen aber theilweise gleichzeitig gearbeitet worden sein, denn sie haben so viel Aehnlichkeit, wie die verschiedene Lage der Hauptachse es nur zuläßt. Bei beiden (Pearson **2**, 413ff, Ph. Tr. 1793, 75 ff.) besteht der Körper der Hauptachse aus mehreren parallelen Säulen, welche zwei in Zapfen auslaufende Endstücke fest verbinden; der untere Zapfen führt sich in einem Grundlager, der obere an einem hoch aufgebauten Gerüste, in beiden Fällen nach jetzigen Anschauungen zu leicht gehalten. Man wollte aber natürlich das Beobachtungsfeld nicht unnöthig beschränken und griff darüber die Stärken zu gering. Am unteren Ende der Hauptachse befindet sich der Azimuthal-(bez. Stunden-)Kreis, und inmitten der Säulen sind die Lager der Declinationsachse befestigt. Diese Achse besteht bei beiden aus einem ringförmigen Mittelstücke mit zu den Zapfen hin symmetrisch abfallenden Conen, durch welches das Fernrohr tritt. Der Kreiskörper besteht aus zwei gleichen, flachen, durch eine Anzahl kurzer Säulen mit einander verbundenen Ringen, die zwischen sich das Fernrohr tragen, und ist durch hohle conische Speichen mit der Achse verbunden. Die Ablesung der Kreise geschieht je durch zwei sich diametral gegenüber stehende Mikrometer-Mikroskope.

Das Altazimuth hat ein Fernrohr von 5ᶠ Länge, dessen Enden mit dem gleich großen Kreise abschließen. Der Azimuthalkreis hat 3ᶠ Durchmesser. Ein an der Grundplatte befestigtes Gitter trägt die Mikroskope und giebt den Halt für die durch einen Hooke'schen Schlüssel bewegliche Tangentschraube, die vermuthlich ausgelöst werden kann. Die Mikroskope des Verticalkreises sind senkrecht über einander an Brücken zwischen zweien der großen Säulen befestigt, die zugleich ein Loth mit der üblichen Ablesung (ghost-apparatus) tragen. Der obere Zapfen der senkrechten Hauptachse ist hohl, um das Zenith für Beobachtungen frei zu lassen.

Das Aequatoreal dagegen hat ein Fernrohr von 5½ᶠ Länge, die Kreise haben beide 4ᶠ Durchmesser **[Fig. 129]**. Die Mikroskope des Stundenkreises sind je an einem starken, von dem unteren Lagerbock der Polachse ausgehenden Arme befestigt; ein anderer Arm trägt die Stellschraube, deren Mutter von einer am Kreise schleifenden Klemme gehalten wird. Der Kreis ist von einem hölzernen Schutzringe umgeben; zwei an demselben befestigte Lampen beleuchten die Theilung durch je einen vor dem Objectiv des Mikroskops befindlichen durchbohrten Spiegel. — Die beiden Mikroskope des Declinationskreises werden je in zwei festen Lagern an den großen Säulen gehalten; an einer dieser Säulen ist auch die Declinations-Stellschraube befestigt, die, wie die Stunden-Stellschraube, mit einem Handschlüssel an Hooke'schem Gelenk versehen ist. An der Declinationsachse und parallel zu derselben ist ein Niveau angebracht, und zwar um seine Achse drehbar, um bei jeder Declination benutzt werden zu können und so das Instrument als Durchgangs-Instrument brauchbar zu machen. Es sind noch einige Hülfsapparate angegeben (Ph. Tr. 1793, 82 ff.): 1. Als besondere Vorrichtung zur Bestimmung des Indexfehlers des Kreises **[Fig. 130ᵃ]** ein am Dache aufzuhängendes Loth, dessen Faden in die Brennebene zweier in der Meridianlage des Kreises senkrecht übereinander am Kreise befestigter Mikroskope gebracht werden

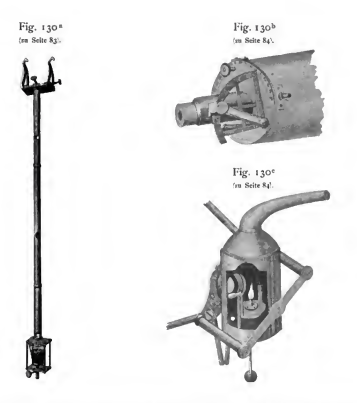
konnte, um als Ghost-Apparat zu dienen; man hat also das Instrument auch als Meridiankreis brauchbar machen wollen. 2. Eine »refraction piece« benannte Hülfseinrichtung zur Messung des parallaktischen Winkels am Ocularkopf des Fernrohres **[Fig. 130b]**; der Kopf ist durch ein Trieb centrisch drehbar und nach einem Halbkreise ablesbar, um in jeder Fernrohrlage ein am Kopf befestigtes Niveau zum Einspielen zu bringen und damit den Winkel zwischen Declinations- und Verticalkreis zu bestimmen; weiter ist am Kopf ein kleiner Quadrant mit davor drehendem Alidaden-Niveau angebracht, an dem die Neigung des Fernrohres (Höhe) abzulesen ist. 3. Eine an dem Ende des einen, durchbohrten Zapfens der Declinationsachse in einem Compaß-Gehänge anzubringende Lampe zur Feldbeleuchtung; ein 45°-Spiegel reflectirt das Licht zum Ocular **[Fig. 130c]**.

Dies mit außerordentlicher Ueberlegung und Sorgfalt durchgeführte Werk athmet das Leben einer neuen Zeit und ist höher zu schätzen, als Piazzi's Altazimuth. Wenngleich man zugeben muß, daß die Art der Construction der Kreise ein Fehlgriff war, daß trotz der dadurch angestrebten Leichtigkeit der wesentlichen Theile die Aufstellung schwächlich ist und daß Complicationen eingeführt worden sind, die besser fortgelassen wären, so sieht man doch darin ein ernstes Wollen und Können, das vielleicht, durch die Anforderungen des vermögenden Auftraggebers verleitet, nicht überall das rechte Maaß fand.

Es gingen neben Ramsden indeß auch Andere in ähnlicher Richtung vor. F. Wollaston[1]) hatte den Wunsch, ein Instrument nach seinen Vorschlägen hergestellt zu sehen, das zu gleicher Zeit Rectascensionen und Declinationen mit Schärfe geben sollte, und hatte sich deswegen 1788 an Ramsden gewandt, der aber damals mit seinen eignen Plänen zu sehr beschäftigt war, um auf andere bereitwillig einzugehen (Ph. Tr. 1793, 133ff.). Nachdem Wollaston drei Jahre gewartet hatte, wandte er sich an Ramsden's Schüler Cary[2]), und dieser führte dann auch einen seiner später durch Bessel berühmt gewordenen »Transit Circles« aus, ein Instrument, das sich wesentlich nur darin von Ramsden's Altazimuth unterscheidet, daß es nicht für Azimuth-Einstellungen außer dem Meridian dienen sollte, sondern daß die Azimuthal-Drehung nur, oder wenigstens vorwiegend, das Umdrehen des ganzen Instruments um 180° bezweckte **[Fig. 131]**. Die ganze Construction steht der Ramsden's sehr nahe, mit Ausnahme der Art der Azimuthdrehung; denn während Ramsden zwei Zapfen an beiden Enden seines Säulengerüstes angeordnet hat, läßt Cary die untere Platte desselben mit der äußeren Fläche auf einem Dreifuße gleicher Oberfläche schleifen und sich in der Mitte nur an einem kurzen Zapfen führen; das äußere, feste Gerüst fällt dadurch fort. Daß die Sicherheit und Leichtigkeit der Drehung damit zugenommen hätten, kann man nicht erwarten, wenn man die unvermeidlichen Uebelstände großer Flächen-Drehungen kennt; indeß äußert Wollaston sich darüber befriedigt. Die Drehung geschieht durch ein Trieb, die Einstellung, wie es scheint, nach einem Index (vermuthlich ist auch eine Meridianmarke benutzt), und nach der Einstellung werden die beiden Flächen durch 4 Klemmen fest an einander gedrückt, so daß der Stand in der That ein guter gewesen sein muß. Die sich gegen

[1]) Francis Wollaston, 1731 — Chiselhorst 1815, Pfarrer.

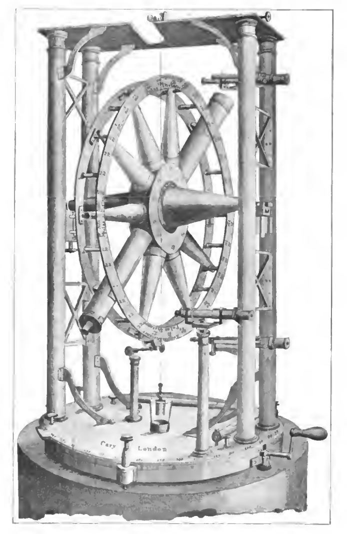
[2]) William Cary, 1759? — London 1825.



Loth, Lampe und Refractions-Quadrant zu Shuckburgh's Aequatoreal, 1791,

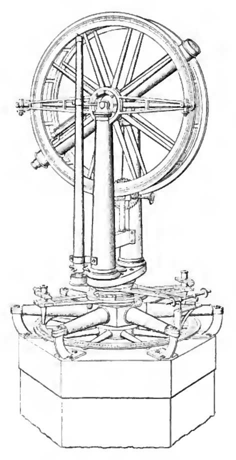
nach Phil. Trans. 1793.





Wollaston's Transit Circle von Cary, 1792,

nach Phil. Trans. 1793.



Troughton's Altazimuth, 1792,

nach Pearson.

einander drehenden Flächen haben 21z Durchmesser; beide sind von Glockenguß. — Das Fernrohr hat 2z Oeffnung, 33z Länge, der Verticalkreis 25z Durchmesser; die Theilung ist aus der Hand gemacht. Die beiden Mikroskope haben eine 24-fache Vergrößerung, und zur Controlle des Nullpunktes ist ein Loth nahe vor der Kreistheilung aufgehängt. — Ein Niveau zur Berichtigung der Achse ist beigegeben; außerdem befinden sich zwei feste Niveaux auf der oberen Grundplatte. Die Zapfenlager, die durch Federn unter Backen entlastet sind, waren Anfangs cylindrisch hohl. Wollaston glaubte darin den Grund von Abweichungen in den Declinations-Einstellungen je nach der Richtung zu erkennen und fand gerade Lagerflächen besser. Er ist mit dem Instrumente, besonders als Durchgangs-Instrument, recht zufrieden, regt aber doch (Ph. Tr. 1793, 148), als eine Verbesserung, die Aufstellung zwischen Steinpfeilern an, freilich ohne zu sagen, wie er sich die Umlegevorrichtung, auf die er ebenfalls Werth legt, dann eingerichtet dachte.

Auch Troughton benutzte 1792 eine wesentlich ähnliche Construction zu einem 3-füßigen Fernrohre (Pearson **2**, 429) **[Fig. 132]**. Die azimuthale Drehung ließ er weder zwischen zwei Endzapfen, noch an einer großen horizontalen Fläche geschehen, sondern an einer langen, in den Pfeiler tretenden conischen Achse, die unten in einer Spitze, oben in einem rechtwinkligen Lager mit Gegenfeder steht. Dieses Lager ist mit Correction befestigt an einem sechsarmigen, auf dem Pfeiler ruhenden Mikroskopträger, an dessen Mittel die Klemme sich dreht. Der von der Achse getragene Azimuthalkreis bewegt sich zwischen der Pfeileroberfläche und dem sechsarmigen Träger; der auf dem Kopfe der Achse ruhende Obertheil besteht aus einem Querarme mit zwei senkrechten, die Lager der horizontalen Achse und zwei Mikrometer-Mikroskope haltenden Säulen. Der Höhenkreis mit dem Fernrohre ist ähnlich denen der beiden eben besprochenen Instrumente. — Es muß angenommen werden, daß die der Sicherheit und Unveränderlichkeit der ganzen Aufstellung zu Grunde liegende Azimuthaldrehung dieses Instruments derjenigen der beiden anderen überlegen war, und es hat trotz seiner im Uebrigen sehr leichten Bauart in den Händen Pond's[1]) gute Dienste gethan unter dem Namen »Westbury-Circle«.

Das Durchgangs-Instrument war seit Bird (oben S. 57) weiter ausgebildet worden. Hier scheint Ramsden nach einem Vorschlage von Ussher[2]) in Dublin (Vince, 75 ff.), zuerst die Feldbeleuchtung durch einen der Achsenzapfen eingeführt zu haben; durch einen vor der Zapfenöffnung beweglichen farbigen Glaskeil wurde die Helligkeit moderirt. Für Höheneinstellung wurde ein Halbkreis an einem der Pfeiler befestigt, vor welchem sich ein von der Achse getragener Zeiger bewegte. Es fehlte aber meist eine Declinationsklemme (z. B. in Gotha). Neben einem Hängeniveau hat Ramsden auch ein in ähnlicher Weise anzuhängendes Loth beigegeben, überdies einen auf die Pfeiler zu stellenden Lothapparat zur Prüfung der gleichen Zapfendicke durch Umlegen der Achse, für das aber eine besondere Vorrichtung nicht bestand; das Loth war in beiden Lagen des Fernrohres gegen zwei an den Enden desselben angebrachte Marken einzuvisiren.

[1]) John Pond, London 1767 — Blackheath 1836.

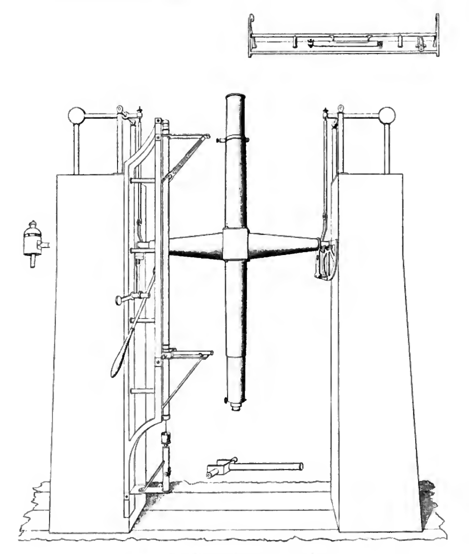
[2]) Henry Ussher, 1735? — Dublin 1790, Prof. astr.

Cary brachte an seinem »Moscow transit instrument« einen neuen Lothapparat zur Prüfung der horizontalen Achsenlage an (Pearson **2**, 364) **[Fig. 133]**. An dem einen der Pfeiler war ein hohes Gestell befestigt mit einem durch Rohr geschützten Loth und zwei in gleichem Abstande über und unter der Achse befindlichen Lager-Paaren für einen horizontal von Ost nach West liegenden Cylinder mit einem ebenfalls horizontalen Mikroskop in der Richtung Nord-Süd. Das Mikroskop wurde abwechselnd oben und unten durch Schiebung in den Lagern auf den Lothfaden eingestellt und dabei beachtet, ob das dem Fernrohr zugekehrte Ende des Cylinders in beiden Lagen, Objectiv oben und Objectiv unten, von einer am Fernrohre angebrachten Contactschraube berührt wurde. Daneben ist ein Hängeniveau mit Querniveau vorhanden. — Die Collimation wurde durch Einstellung auf einen fernen Gegenstand in beiden Lagen berichtigt. Die Aufhebung des Lagerdruckes der Achse geschieht, wie bei Bird (oben S. 57/8), durch Gegengewichts-Haken ohne Rollen. — Die großen englischen Zenith-Sectoren sind schon früher besprochen worden (oben S. 64/6).

An kleineren, zu geodätischen Zwecken verwendbaren Instrumenten hat zunächst wieder Ramsden wesentliche Verbesserungen eingeführt. Man benutzte zu solchen Arbeiten in England neben den Quadranten schon früher volle Kreise; aber an ähnlich hoch aufgebauten, übermäßig complicirten Instrumenten wie die Aequatoreale von Short u. A., nur in dürftigerer Ausstattung, zum Theil noch mit Dioptern **[Fig. 134]**. Ramsden, von dessen früheren Vermessungs-Instrumenten Adams 1791 eine Darstellung giebt mit der Bezeichnung »Theodolet, best sort«, beseitigte 1787, als es sich um ein neues, möglichst vollkommenes Vermessungs-Instrument für General Roy[1]) handelte, die ganzen äquatorealen Theile der älteren Constructionen, die er selbst noch ausgeführt hatte, beschränkte sich auf einen großen Dreifuß mit senkrechter Achse und einen darauf drehenden Lagerbock für ein nach Art der Durchgangs-Instrumente, doch mit beschränktem Ausschlage, bewegliches Fernrohr (Ph. Tr. **80**, 135) **[Fig. 135]**. Die Maaße waren sehr groß gegriffen, denn der Horizontalkreis hatte 3' Durchmesser. Er war der Leichtigkeit wegen aus hohlen Speichen zusammengefügt, war von 15' zu 15' getheilt und durch zwei Mikrometer-Mikroskope in 180° abzulesen. Der Dreifuß trug ein Sicherheitsrohr mit einigem senkrechten Ausschlage um zwei horizontale Lagerzapfen, mußte zur azimuthalen Einrichtung des Rohres aber, durch Federrollen einigermaßen entlastet, selbst um die Mitte gedreht werden; er war auch mit einem Gehäuse von Mahagoniholz umkleidet, durch das die beiden an Armen des Dreifußes gehaltenen Mikroskope traten und an welchem Laternen für deren Beleuchtung angebracht waren; ein dritter Arm des Dreifußes hielt die Klemme mit Stellschraube. — Die Büchse der senkrechten Achse führte sich oben sehr zweckmäßig an einem in 45° zulaufenden Kegel, unten, wenig günstig, an einem schlank conischen Zapfen, der durch Höherstellung der Büchse auf ein zulässiges und genügendes Maaß der Reibung einzurichten war. — Das Fernrohr hatte eine lange Achse, die nach einem Hängeniveau einzurichten war; das Niveau konnte auch an zwei von der Achse ausgehende Zapfen gehängt werden, um die Horizontlage des Fernrohres zu controlliren. Am Ocular war ein Mikrometer, und durch eine vor einem der Achsenenden angebrachte Laterne war für

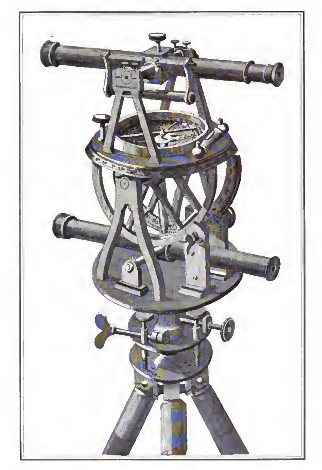
[1]) William Roy, Schottland 1710? — London 1790.

Fig. 133
(zu Seite 86).



Cary's Transit-Instrument, um 1800,
nach Pearson.

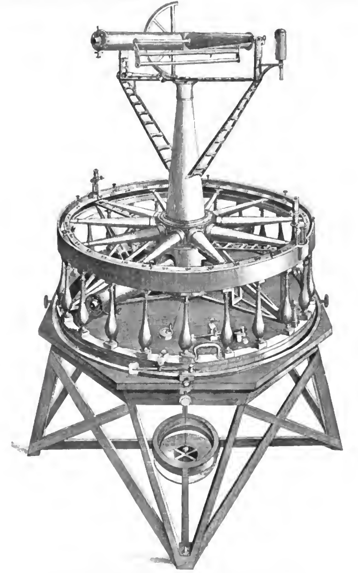




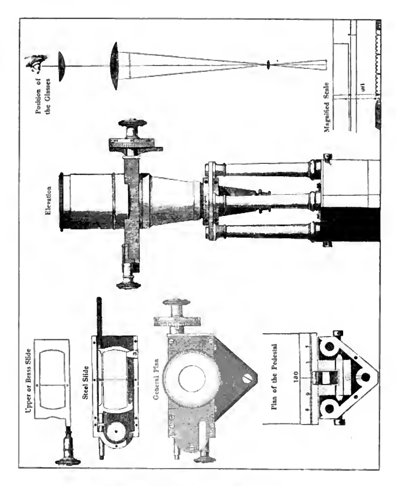
Ramsden's Theodolet, vor 1790,

nach Adams, Geometrical and graphical Essays, 1791.





Ramsden's Theodolite, 1787, nach Philos. Trans. 80.



Ramsden's Ablese-Mikroskop, 1787,

nach Phil. Trans. 1790.

Feldbeleuchtung gesorgt. Ein Halbkreis an der Achse gab Höhen-Einstellung nach einem festen einfachen Mikroskope. — Die Mikrometer der Mikroskope bestanden (ähnlich denen Auzout's) aus einem Gehäuse mit darin gleitendem Fadenträger, der an einer Schraube durch eine Mutter mit Theilscheibe fortgezogen wurde; eine Uhrspirale in Gehäuse wirkte durch eine feine Kette der Mutter entgegen **[Fig. 136]**. — Dieses Instrument erinnert an Römer's Machina azimuthalis und stellt offenbar einen beträchtlichen Fortschritt dar; aber es war übergroß für seine Zwecke und daher schwer zu transportiren.

Zu kleineren Vermessungen wurden vielfach Sextanten verwandt; auch Borda-Spiegelkreise wurden bald in England hergestellt, und zwar besonders von Troughton, obgleich La Lande tadelt, »qu'il (Troughton) n'a point cru que la qualité d'Anglais dût »l'empêcher de profiter d'une invention qu'on devait principalement à la France« (Bibliogr., 836). Hatte man denn in Frankreich nicht zuvor von Mayer's grundlegenden Vorschlägen profitirt?

Die Grundlinien der um 1783 in England aufgenommenen Vermessungen wurden zunächst mit Holzstäben gemessen. Als sich diese zu veränderlich erwiesen, ersetzte man sie durch lange Glasrohre. Auch diese bewährten sich nicht, wie es scheint, wesentlich wegen ungünstiger Auflagerung auf dem Erdboden, und man entschied sich für Benutzung Ramsden'scher Meßketten von je 100^f Länge, die aus Stahl in rechtwinkligen Gliedern sehr sorgfältig gearbeitet waren. Sie trugen an den Enden Strichmarken. Man legte mehrere Thermometer neben die Kette und wartete mit der Ablesung, bis sie Temperatur angenommen hatte; bei Sonnenschein wurde die Kette mit einem weißen Leinentuch überdeckt (An account of the Trigonometrical Survey 1791—94, by Williams, Mudge and Dalby; Ph. Tr. 1795, 414, auch Ph. Tr. 1803, 383).

23. Cassini's IV. Bemühungen um die Werkstätten in Paris.

Die englischen Werkstätten standen in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts fast einzig in ihrer Art da. Selbst in Paris, unter dem Schutze der Akademie und des Observatoire, das unter der prunkvollen Regierung Louis XIV. mit so großem Aufwande errichtet worden war, sah man sich jetzt auf englische Instrumente angewiesen, wenn überhaupt von der Regierung Mittel zur Verfügung gestellt wurden. Aber 1756 wurden wegen des Krieges selbst die für die Karte von Frankreich bewilligten Gelder zurückbehalten, so daß Cassini[1]) sich in rühmlichem Eifer für das gefährdete Werk mit Erfolg bemühte, eine Actiengesellschaft zur weiteren Förderung desselben zu bilden. Seit 1760, schreibt Cassini (Cassini 43), fing das Observatoire an zu verfallen (»Dès »l'année 1760 il (l'observatoire) menaçait d'une ruine prochaine, quoiqu'il n'eût pas en- »core un siècle d'ancienneté«), und erst nach oft wiederholten Klagen (»Je répétais sans »cesse qu'il était illusoire pour moi de me trouver le directeur d'un observatoire tom- »bant en ruines et dénué d'instrumens«, Cassini, 4) wurde endlich 1777 das Nöthigste an den Gebäuden nachgebessert (Cassini, 188), aber doch gelang es Cassini um 1780 nicht einmal (C. Wolf, 240), die Bewilligung eines Beamten für die regelmäßige Instandhaltung der Instrumente durchzusetzen; er hatte dafür Canivet's Nachfolger, Lennel,

[1]) Jacques Dominique Cassini (IV.), Paris 1748 — Thury 1845.

in Aussicht genommen. Erst 1783 konnte er »un constructeur de moindre importance«, Doyen, anstellen, der die Unterhaltung gegen freie Wohnung übernahm.

Auch fehlte es an leistungsfähigen Instrumenten. In seinen Gesuchen um Mittel für solche stellt sich Cassini mit Nachdruck auf den national französischen Standpunkt. Er erkennt die Ueberlegenheit der englischen Instrumente an, aber er will französische machen lassen, will deshalb junge Leute nach England schicken, damit sie sich in den dortigen Werkstätten ausbildeten, und dann im Observatoire eine Musterwerkstätte einrichten.

Nachdem 1782 ein Ramsden nachgebildetes Durchgangs-Instrument von 42^{l} Oeffnung, 42^{z} Brennweite von Charité aufgestellt worden war (C. Wolf, 250), das aber schon 1799 durch eins von Le Noir ersetzt wurde, bewilligte man 1784 die Mittel für einen 6—8-füßigen Mauerkreis, einen 3-füßigen Borda-Kreis und ein 16-zölliges Aequatoreal, zugleich mit jährlichen Zuwendungen für ihre Unterhaltung (Cassini, 152). Cassini, seinem alten Plane getreu, wollte sie in Paris, und zwar jetzt in der Sternwarte selbst, herstellen lassen und machte sich an die Einrichtung einer Werkstatt (Cassini, 14), die er, nachdem er sich mit Charité nicht hatte verständigen können, dem ihm von La Lande warm empfohlenen jungen Mégnié einzurichten übertrug (C. Wolf, 277/8). Unter Mégnié's Leitung wurden alsbald die für nöthig erachteten Vorbereitungen getroffen, die eigenthümlich genug anmuthen. Zwei Marmorblöcke, der eine von $7\frac{1}{2} \times 7\frac{1}{2}^{f}$, der andere von 4×4^{f} Oberfläche, wurden auf einem der Gewölbe des Unterbaues hergerichtet, »dressés et polis à la manière des glaces«; sie sollten als Richtscheiben dienen. Zu demselben Zwecke wurden drei Stahlschienen von 8^{f} Länge mehrere Monate lang gegen einander geschliffen. Man wollte sich damit für die Ausführung eines Quadranten von $7\frac{1}{2}^{f}$ einrichten, »instrument important, à l'exécution duquel tendaient tous nos efforts«; man hatte also, wie es scheint, den Mauerkreis wieder fallen lassen. Der Quadrant sollte ganz neuer Construction werden, besonders der Hauptkörper aus einem Gusse hergestellt werden. Cassini erhielt vom Minister die Erlaubniß, eine Gießerei neben der Sternwarte einzurichten, und im August 1786 wurde mit Erfolg der erste Versuch an einem Quadranten von 22^{z} gemacht. Nun wagte man sich an ein größeres Werk (Cassini, 17). Ein Rad von 5^{f} Durchmesser wurde aus »cuivre« (wohl sicher nicht reinem Kupfer, sondern einer Legirung, etwa Kanonen- oder Glockenmetall) gegossen. Auch dieses gelang; es sollte zur Aufstellung des großen Quadranten dienen. Es wurde dann beschlossen, im Frühjahre diesen selbst in Angriff zu nehmen; aber inzwischen verschwand Mégnié im October 1786, und die Arbeiten wurden eingestellt, nachdem sie noch einige Wochen unter der Leitung von Arnoult und Hautpoix fortgeführt worden waren (C. Wolf, 284). Cassini gab Werkstatt und Gießerei auf. Uebrigens bemerkt Cassini, daß er den großen Quadranten auf der Sternwarte nur habe ausführen lassen wollen, weil die anderen Werkstätten solcher Arbeit nicht gewachsen gewesen; den 3^{f}-Kreis habe er schon früher bei Le Noir in Auftrag gegeben und Borda selbst habe die Aufsicht übernommen.

Es wirkt befremdend, wenn gegenüber diesen Vorgängen C. Wolf (C. Wolf, 281/2) Cassini das Verdienst zuschreiben will, als Vorläufer von Ramsden und Reichenbach die Gußconstruction, im Gegensatz zu der bis dahin üblichen Blecharbeit (chaudronnerie), bei den astronomischen Instrumenten eingeführt und damit versucht zu

haben, »de réaliser, dès 1786, un progrès qui n'entra dans la Science que 60 ans plus tard«. Cassini selbst wird solche Prätension kaum gehabt haben, denn wegen der andern beiden, größeren Instrumente wurde er bald durch seinen, zur Verbindung der Sternwarten Greenwich und Paris in Aussicht stehenden Besuch in England auf neue Gedanken gebracht. Er erbat sich vom Minister die Erlaubniß, eins der drei Instrumente, die ausdrücklich in Frankreich hergestellt zu werden bestimmt waren, bei Ramsden zu bestellen; »je m'attacherai sur-tout à capter la bienveillance de ce dernier »(R.), et je ne désespère pas d'obtenir de lui la permission d'envoyer deux ou trois de »nos artistes se former à son école et dans ses ateliers.« So wollte er sich einen neuen »chef d'atelier« erziehen lassen (Cassini, 20). »J'avouerai donc, sans rougir, que »fort jaloux de la supériorité de nos voisins dans la construction des instrumens »d'astronomie, je ne me proposai d'autre but dans mon voyage en Angleterre que »d'y ravir tout ce dont je pourrais profiter en lumières, en connaissances et en »inventions relatives à mon objet« (S. 21). Cassini ging im September 1787 nach London. Ramsden imponirte ihm sehr und war sehr entgegenkommend. Das Durchgangs-Instrument wollte er bald liefern; er habe eins nahezu fertig, das eine andere Bestimmung habe, »mais elle sera pour vous«. Auch gegen die Aufnahme zweier jungen Leute in seine Werkstatt machte Ramsden keine Einwendungen.

Nach Paris zurückgekehrt, konnte Cassini sehr bald bei Ramsden nicht nur das Durchgangs-Instrument fest bestellen, sondern auch einen Quadranten, ähnlich dem in Blenheim, über den in London schon verhandelt worden war. Ramsden schlägt vor, statt des Quadranten einen Kreis zu nehmen, wie bei Piazzi's Instrument. Die Ausbildung der jungen Leute glaubt er jetzt doch nicht übernehmen zu können, weil er die Eifersucht seiner eigenen Leute fürchtet; weiterer Briefwechsel zwischen Cassini und Ramsden liegt nicht vor. Inzwischen hatte Cassini dem Minister eine Denkschrift überreicht, durch die er die gewerbsmäßige Herstellung astronomischer Instrumente in Paris zu fördern hoffte; er legte darin dar (Cassini, 217), wie sehr unter den damaligen zünftigen Bestimmungen einem tüchtigen jungen Manne erschwert war, eine selbständige Arbeit auszuführen, da jeder Gewerbtreibende nur bestimmte Werkzeuge benutzen und bestimmte Stoffe verarbeiten durfte, die seinem Fache zugeschrieben waren. Cassini wollte, daß die Werkstätten für astronomische Instrumente in dieser Beziehung völlig ungebunden sein sollten. Es war auch demzufolge 1787 ein königliches Patent erlassen worden, wonach ein »corps d'ingénieurs en instrumens d'optique, de physique et de mathématiques« gebildet werden sollte, dem jene Erleichterung zugesichert wurde (Cassini, 222); die Akademie sollte unter den Bewerbern die Wahl treffen. Die Zahl war auf 24 festgesetzt; man hatte aber Mühe, so viele zu finden. Außer Le Noir (Bibliogr., 692), der schon durch seine Borda-Kreise bekannt geworden war und 1790 für La Lande ein Durchgangs-Instrument (von 32 l Oeffnung, 34 z Achsenlänge) herstellte, wurden 1787 noch fünf erwählt: Charité, Carrochez, Baradelle, Fortin und Billiaud. Im nächsten Jahre meldeten sich 21, aber kaum die Hälfte waren geeignet; man wollte nur drei oder vier wählen, nahm aber auf Cassini's Wunsch acht: Erhet, Putois, Dumoutiez, Herbage, Tournant, Richer[1]), Meynier le jeune

[1]) Jean François Richer, Surènes bei Paris 1743 — ? vor 1823.

und Mossy. Im Jahre 1789 wurden nach vielen Erwägungen noch vier ernannt: Hautpoix, Rebours, Gouffé und Chiquet; die übrigen sechs Stellen sollten nur besonders Befähigten überlassen werden (Cassini, 90—93).

So gut diese Neuerung von Cassini gedacht gewesen sein mag, so konnte man sich keinen großen Erfolg davon versprechen, solange eine lebhafte Nachfrage fehlte, wie sie z. B. in England vorhanden war. Ueberdies war die schwere Zeit, die auf Paris lastete, keineswegs geeignet, ruhige und hingebende Arbeit zu fördern, und Cassini selbst gerieth in eine sehr peinliche Lage (Cassini, 37). Er wurde verdächtigt und angefeindet und entging nur durch sehr vorsichtige Haltung einstweilen ernstlichen Belästigungen; 1793 aber ließ das Ministerium ein genaues Inventar der Sternwarte aufnehmen, aus dem zu ersehen ist, daß Ramsden sein Durchgangs-Instrument noch nicht geliefert hatte, ebensowenig Le Noir seinen Kreis, und bald darauf wurde Cassini das Directorat genommen, d. h. er mußte es mit seinen Assistenten theilen. Er legte dann sein Amt im September 1793 nieder und wurde 1794 sogar während 6½ Monaten in Haft gehalten. — Es sei hier noch bemerkt, daß das Durchgangs-Instrument nach Ramsden's Tode von seinem Schüler Berge 1804 geliefert wurde (Cassini, 40); Le Noir's Kreis soll 1810 noch in seinen Händen gewesen sein, und Cassini schreibt in demselben Jahre (Cassini, 41): »aucun instrument important »ne paraît avoir été exécuté en France depuis quinze ans«. Schlimmer ist es noch, wenn De Lambre sagt (De Lambre D, 291): »Il est sûr au moins qu'en 140 ans d'existence »on n'a pas vu sortir de cet observatoire un seul petit catalogue d'étoiles«.

Eine wesentliche Rolle haben unter den Cassini immer die geodätischen Vermessungen gespielt, und es ist hier Einiges nachzuholen über die bei denselben verwandten Basis-Meßapparate. Seit Picard hatte man einige Verbesserungen eingeführt. Cassini II. ließ für seine Messungen von 1718 vier Eisenstangen herrichten (Mer. vér., 23, 34), 15^{f} lang und durch Hochkant-Rippen versteift. Sie wurden nach zwei in Richtung der Basis gespannten Schnuren auf dem Erdboden fortgelegt, indem die Endflächen, die plan gewesen zu sein scheinen, zur Berührung gebracht wurden; zur größeren Sicherheit blieben immer wenigstens zwei Stangen liegen. Von Zeit zu Zeit wurde ein Thermometer aufgelegt (appliqué) und abgelesen.

Cassini III., der selbst über diese Eisenstangen berichtet hat, benutzt 1739—40 wieder Holzstangen (Mer. vér., 23, 43), ohne zu sagen, weßhalb er sie den eisernen vorzieht; doch sind sie an den Enden durch kegelförmig zulaufende Eisenköpfe geschützt, und diese laufen in Kugelflächen aus, damit die Berührung »plus immédiate« sei. Die Stangen waren theils 24^{f}, theils 18^{f} lang bei 3—4^{z} Breite und 2^{z} Dicke und wurden täglich dreimal gegen darauf gelegte Maaßstäbe mit Hülfe eines Anschlagwinkels verglichen; der Unterschied der Länge wurde nach Linien und »Punkten« bestimmt; wie es scheint, mit Benutzung von Thermometern Es zeigte sich, daß die Stäbe, obgleich mit Oelfarbe gestrichen, recht veränderlich waren. — Die Stangen wurden auf den sorgfältig geebneten Erdboden gelegt und die Neigungen bestimmt, größere mit Hülfe eines Quadranten, geringere durch ein Niveau (Mer. vér., 66, 77, 88).

Maupertuis maaß 1736 in Lappland bei sehr strenger Kälte mit 30^{f} langen Tannenholz-Stangen. Sie wurden in einem auf $+ 15°$ erwärmten Raume zwischen zwei nach einer Toise hergerichteten Fixpunkten berichtigt. Wärmeunterschiede sollen einen

fast unmerklichen Einfluß auf die Länge der Stangen gehabt haben; einige Erfahrungen ließen sogar vermuthen, daß die Stangen bei zunehmender Kälte sich verlängerten, und Maupertuis giebt dafür die glaubliche Erklärung, daß der im Holze verbliebene Saft durch seine Eigenschaft, sich in Eisform bei wachsender Kälte auszudehnen, die Holzfasern mitziehe. Es fehlen aber nähere Angaben (Maupertuis, 50).

Auch bei den Basismessungen in der Nähe des Aequators um 1738 (Condamine, 5, 7, 71 ff.) wurden Holzstäbe verwandt. Sie wurden nach einem aufgesetzten Niveau horizontal eingerichtet, zunächst auf Böcken, später unmittelbar auf dem Erdboden durch untergelegte Keile; gelegentlich nahm man auch nicht Anstand, die Stäbe im Wasser schwimmen zu lassen, um sich das Nivelliren zu ersparen, und sie erst einige Tage später mit dem eisernen Normalmaaß zu vergleichen. Unter diesen Umständen hatte wohl die an sich hübsche Idee La Condamine's, den Ausdehnungs-Coefficienten des Normalstabes durch Pendelschwingungen bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen, wenig Zweck (Condamine, 77, 83).

Ein wesentlicher Fortschritt war es, daß Boscovich[1] (1750 in der Nähe Roms) die gegenseitige Berührung zweier auf einander folgenden Stangen vermied, indem er sie mit Theilstrichen versah, einander nur nahe brachte und den Abstand der beiden Endstriche mit Zirkel und Maaßstab bestimmte. Die Stangen waren von Holz, lagen auf Böcken mit Höhenauszug und -Klemmung und erhielten durch Keile ihre letzte Berichtigung; die Neigung wurde nach Niveau bestimmt. Das Absetzen der Endpunkte geschah nach einem Lothe (Instrk., 1885, 333). — Beccaria[2] legte bei einer Messung mit einem ähnlichen Apparate die Stäbe getrennt neben einander und brachte mit Hülfe eines Anschlagwinkels die beiden Striche mit der Hand in eine Linie.

Zur Messung einer Basis in Oberitalien 1788 griffen die Astronomen der Mailänder Sternwarte, zur besseren Berücksichtigung der Temperatur, auf Eisenstangen in T-Form zurück. Bei einer Länge von 4 m ruhte jede auf zwei an einem starken Holzträger befestigten Rollenpaaren in 2 m Abstand, auf denen sie mit Hülfe eines Triebes und einer Zahnstange in der Basisrichtung einzustellen waren. Die Stangen wurden auf Böcken mit Höhen- und Seitenstellung neben einander eingerichtet und die Endstriche zur Coincidenz gebracht; das Trieb war dabei sehr nützlich. Ein neben der Stange liegendes Niveau wurde regelmäßig abgelesen (Instrk., 1885, 334).

Borda führte an seinem 1798 zuerst benutzten Basis-Apparate, über den Méchain[3] und De Lambre berichten (Base du système métrique, Paris 1806—10, **2**, XV und **3**, 313 ff.), durch die Benutzung zweier Stäbe von verschiedenen Metallen (Platin und Kupfer) das an Uhren schon früher benutzte Metallthermometer ein (Berthoud, **2**, 129). Die beiden auf einem starken Holzträger frei gehaltenen und mit einem Schutzdache gegen die Sonnenstrahlen überdeckten Stäbe lagen auf einander und waren an dem einen Ende verbunden; an dem anderen Ende wurde unter einem Mikroskope die Verschiebung an einem Vernier beobachtet. Der Anschluß von Stange zu Stange geschah durch Contact, aber in sehr zweckmäßiger Weise, und zwar durch einen kleinen, auf der Kupferstange zwischen Leisten sehr leicht beweglichen Schieber, der durch die

[1] Roger Joseph Boscovich, Ragusa 1711 — Mailand 1787, Prof. math.

[2] Giacomo Battista Beccaria, Mondovì 1716 — Turin 1781, Prof. phys.

[3] Pierre François André Méchain, Laon (Aisne) 1744 — Castellon de la Plana (bei Valencia) 1804.

Hand behutsam gegen den nächsten Stab geführt werden konnte, so daß dessen Lage nicht gefährdet wurde. Die Stellung des Schiebers wurde nach Vernier unter einem Mikroskope abgelesen und dann der Schieber sogleich zurückgezogen. Die Stangenenden ragten etwas über den Holzträger heraus, um das Absetzen mit Lothfaden zu ermöglichen. Die Neigung der Stange wurde nach Niveau an einem kleinen Sector bestimmt. Die Böcke hatten Stellschrauben und standen auf Holzpflöcken; es wurden immer mehrere Böcke im Voraus eingerichtet. — Der Apparat ist offenbar mit großer Ueberlegung und Vorsicht erdacht.

24. Deutsche Werkstätten.

In Deutschland existirten in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wenig Werkstätten, in denen astronomische Instrumente hergestellt wurden. Man behalf sich noch (wie Tob. Mayer und Bohnenberger) mit hölzernen, großentheils selbst zusammengebauten, einfachen Instrumenten in kleinen Maaßen; und wenigstens die Theilung seines Quadranten selbst zu machen, empfiehlt J. T. Mayer dem Leser seiner »Praktischen Geometrie« noch 1814. Größere Instrumente, z. B. die der Mannheimer und Berliner Sternwarte, sowie der Quadrant in Göttingen, wurden aus England bezogen.

Doch entstand 1760 in Cassel die Breithaupt'sche Werkstatt[1]); sie baute 1770 für die Sammlung des Museums in Cassel eine parallaktische Maschine mit Holzrohr von 0,82^{m} Länge bei 25^{mm} Oeffnung und kleinen groben Halbkreisen, sowie einen 5'—5' getheilten Mauer-Quadranten von $r = 6^{f}$ mit 90°- und 96°-Theilung, durch Vernier und Mikrometerschraube auf 10" abzulesen (Gerland, 13). — Zach kaufte von Breithaupt 1789 einen 3^{f}-Quadranten, den er mit Dollond-Objectiven versah und von Schröder in Gotha etwas ändern ließ; er soll sich dann als recht brauchbar erwiesen haben (M. C. **6**. 370). Sonst aber scheinen dort astronomische Instrumente damals wenig hergestellt zu sein. — Auch Stegmann[2]) in Cassel ließ um 1754 drei bis vier Gehülfen an Quadranten, Sectoren, auch an einem Durchgangs-Instrumente (für die Sternwarte in Cassel) arbeiten. Die Ausführung ließ aber zu wünschen übrig (Bernoulli, 14). — Um dieselbe Zeit arbeitete Brander in Augsburg, von dessen mit Diamant gezogenen Glasgitter-Theilungen oben schon die Rede gewesen ist (oben S. 71). Auch Tob. Mayer hatte Glastheilungen mit Diamant versucht, zog aber vor, das Glas mit Tusche zu überdecken und diese bis auf schmale Striche fortzustreichen (Lambert's Anmerk. S. 4). Brander giebt in einer Reihe besonderer Hefte (Augsburg 1769—81) Beschreibungen seiner Instrumente, zunächst eines Sectors von $r = 42^{z}$ mit zwei Fernrohren, die sich über einander drehen; der Winkel wird durch die Sehne an einer langen Glasscala gemessen, die in dem einen der Oculare sichtbar ist, ein Theil ist ca. 40"; dazwischen soll nach Schätzung abgelesen werden. Weiter berichtet Brander über Spiegel-Octanten und -Sextanten nach Hadley, über ein kleines Aequatoreal, ein Goniometer, theilweise mit selbständigen Aenderungen; aber über ihren Gebrauch ist

[1]) Gegründet von Joh. Christian Breithaupt, Hartenauer Hof bei Darmstadt 1736 — Cassel 1800, ihm folgte Friedr. Wilhelm B., Cassel 1780—1855.

[2]) Joh. Gottlieb Stegmann, Hartum 1725 — Marburg 1795, Prof. math.

wenig bekannt. Unter Brander's Nachfolger Höschel[1]) verlor die Werkstatt ihren Ruf mehr und mehr. — In Wien machten Schreibelmayer und Ramspeck 1772 für Liesganig[2]) fünf kleine Quadranten, die große Genauigkeit gegeben haben sollen (M. C. **7**, 51), während A. von Zach[3]) zwei Quadranten von Voigtländer[4]) in Wien erhielt (M. C. **7**, 52), die er nur sehr ungern benutzte.

Ein erfreuliches Beispiel privater ernster Arbeit auf dem Gebiete der beobachtenden Astronomie bietet die mehr als 30-jährige Thätigkeit des Oberamtmannes Schröter[5]) zu Lilienthal. Im Jahre 1782 begann er, sich in seinem Amtssitze einzurichten, zunächst mit einem einfüßigen Quadranten und einem 3-füßigen Dollondschen Rohre. Im nächsten Jahre erhielt er von Wilhelm Herschel durch Vermittlung des ihm befreundeten Bruders Dietrich Herschel zwei Spiegel-Teleskope von 4ᶠ und 5ᶠ Länge, zu denen Drechsler in Hannover die Aufstellung besorgte, und 1786 noch ein 7-füßiges Teleskop mit einem Schraubenmikrometer, auch »einen vortrefflichen Sternausmesser mit zwei Schraubenmikrometern« von Drechsler, und machte sich selbst ein »Scheiben-Lampen-Mikrometer« zur Messung von Planetendurchmessern. Schon 1785 hatte Schröter sich ein richtiges Observatorium hergerichtet, wo neben seinen Fernrohren auch ein 3-füßiger Quadrant Platz fand, den er für Durchgangs- und Declinations-Beobachtungen benutzte. 1792 traf Schrader[6]) aus Kiel zu längerem Aufenthalte ein (Lilienth., 68). Dieser hatte einige Erfahrung im Spiegelschleifen und brachte selbstverfertigte Spiegel mit, stellte auf Schröter's Wunsch auch in Lilienthal einige größere Spiegel her und besorgte zuletzt noch den Guß eines solchen von 19ᶻ Durchmesser und 24ᶠ Brennweite. Schröter ließ diesen von seinem Gärtner Gefken, einem sehr geschickten Handarbeiter, den Schrader mit gutem Erfolge im Spiegelschleifen unterrichtet hatte, vollenden. Der Spiegel erwies sich indeß als von geringer Güte. Die größte Bedeutung erlangte die Lilienthaler Sternwarte dadurch, daß Bessel dort 1805 seine glanzvolle astronomische Thätigkeit begann. — Es sei noch bemerkt, daß Schrader 1794 in Kiel einen 26-füßigen Reflector herstellte, nach dem 40-füßigen Herschel's der größte damals bestehende (Gehler's Wörterbuch 1795, 5, 860); er scheint indeß kaum benutzt worden zu sein.

Ein Schüler Ramsdens, Baumann[7]), dessen gute Arbeiten in der Monatl. Corr. (**6**, 450, 465) gerühmt werden, ließ sich um 1800 in Stuttgart nieder. Er machte Sextanten von nur 4ᶻ Radius, die Ramsden's Instrumenten an Genauigkeit gleich gekommen sein sollen. 1802 erhielt Bohnenberger von Baumann einen durch vier Verniers auf 10″ ablesbaren Höhenkreis an einer um Endzapfen drehenden Säule, nach dem Muster seines in der »Ortsbestimmung« beschriebenen Quadranten, doch ganz von Messing und mit Niveau. Eine von Bohnenberger in Aussicht gestellte nähere Beschreibung und Abbildung scheint nicht erschienen zu sein, nur eine wenig

[1]) Christoph Caspar Höschel, Augsburg 1744—1820.

[2]) Joseph Liesganig, Graz 1719 — Lemberg 1799, Prof. math.

[3]) Anton von Zach, k. k. General-Major, Bruder von Franz Xaver, Pesth 1747 — Graz 1826.

[4]) Johann Christoph Voigtländer, Leipzig 1732 — Wien 1797.

[5]) Johann Hieronymus Schröter, Erfurt 1745 — Lilienthal 1816.

[6]) Johann Gottlieb Friedrich Schrader, Salzdahlum bei Wolfenbüttel 1762 oder 63 — St. Petersburg nach 1819.

[7]) Baumann, ? ca. 1760 — Stuttgart? ca. 1830.

verständliche von Pottgießer (Jahrbuch 1812, 194). Schiegg[1]), Bohnenberger und andere Kenner englischer Arbeit geben diesem Instrumente »das Zeugniß der vollendetsten englischen Kunstarbeit, auf welcher der Geist eines Ramsden ruht« (M. C. **10**, 356). Baumann's Multiplicationskreise und Sextanten werden auch später genannt (M. C. **17**, 113, **25**, 128. A. N. **10**, 183); indeß scheint er einen großen Wirkungskreis nicht erlangt und später nur kleine optische Instrumente gemacht zu haben (A. N. **6**, 199 und Jahrbuch 1815, 261).

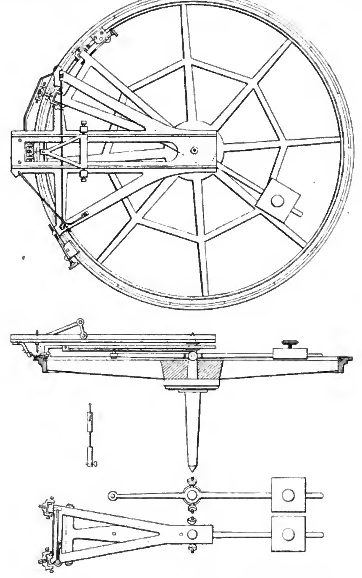
25. Reichenbach.

Neues, kräftiges Leben erlangte der Bau astronomischer Instrumente in Deutschland erst durch Reichenbach. Georg Reichenbach wurde am 24./8. 1772 zu Durlach als Sohn eines Stück-(Kanonen-)Bohrmeisters und späteren Oberstlieutenants geboren und besuchte 1788/90 die Militairschule in Mannheim. Dort verfertigte er sich, nach einiger Anleitung in mechanischen Arbeiten von Seiten seines Vaters, einen 9-zölligen Sextanten nach englischem Muster und erregte damit die Aufmerksamkeit einflußreicher Persönlichkeiten, durch die ihm Stipendien für eine zweijährige Reise nach England gewährt wurden. Er war dort in großen Eisenhütten und Maschinenfabriken thätig, hat auch, nach eigenem Ausspruch, »sämmtliche Sternwarten« besucht, dagegen keine Werkstätten für astronomische Instrumente, ist aber doch Ramsden zweimal begegnet (Gilbert **68**, 33). — Nach seiner Rückkehr scheint Reichenbach sich bis 1796 ganz dem militairischen Dienst gewidmet zu haben, dann aber kam er dauernd nach München und begann bald darauf die Herstellung einer kleinen Kreis-Theilmaschine, zum Theil wohl auf Veranlassung des sächsischen Legationsraths Beigel, der an den bayerischen Vermessungsarbeiten lebhaften Antheil nahm und das Fehlen einer brauchbaren astronomischen Werkstatt in München empfand. Alles wurde aus England bezogen, nur Instrumente geringerer Art wurden von Höschel in Augsburg geliefert, der auch wegen Reparaturen in Anspruch genommen werden mußte (Gilbert **68**, 35).

Reichenbach machte dann einige Instrumente für die Forstkammer in München, auch kleine Sextanten. Im Jahre 1800 mußte er ins Feld rücken; aber er benutzte seine Mußestunden, sich die Construction einer größeren und vollkommneren Kreis-Theilmaschine zu überlegen. Am 10. Juli war er sich über das Verfahren klar und theilte es sogleich seinem mit ihm im Quartier liegenden Freunde, dem Lieutenant Mégé, mit. Sobald er (1801) wieder in München war, suchte er einen Gehülfen zur Ausführung seines Projects und fand ihn in dem Uhrmacher Liebherr[2]), der eben mit einem Sextanten beschäftigt war und Reichenbach's erste Theilmaschine zur Eintheilung desselben benutzen durfte. Liebherr machte dann die Vorarbeiten zu der neuen Theilmaschine **[Fig. 137]**. Der Kreis hatte 50 par. z Durchmesser und war selbstverständlich, wie auch der Ramsden's, aus einem Gusse hergestellt. Reichenbach selbst machte die Theilung. Das Verfahren war an sich sehr einfach: er benutzte zwei Alidaden, von denen die obere eine nach Art der Verniers zwischen Spitzenschrauben festgehaltene Platte, die

[1]) Ulrich Schiegg, Gossbach (Schwaben) 1752 — München 1810.

[2]) Joseph Liebherr, Immenstadt 1767 — München 1840.



Gilb. N. Ann. d. Phys. 39 B. 3 St.

Reichenbach's Theilmaschine.



andere zwei solche Platten trug, die in verschiedene Abstände gebracht werden konnten. Diese beiden Alidaden konnten unabhängig von einander um das Kreismittel bewegt werden und wurden abwechselnd um ein bestimmtes, durch die beiden beweglichen Platten dargestelltes Intervall (zunächst annähernd 18°) vorgerückt und, vom Nullstriche des Kreises ausgehend, unter einem Mikroskope scharf gegen einander eingestellt. Allmählich wurde das Intervall in seinem Bogenwerthe soweit berichtigt, daß das Ende genau mit dem Anfangsstriche auf dem Kreise zusammenfiel, und dann wurden bei einem neuen Rundgange die 18°-Intervalle auf der Kreisfläche gezogen. Die Unterabtheilungen wurden, mit veränderten Abständen der beiden Platten der unteren Alidade, in ähnlicher Weise hergestellt. Es ist dies im Wesentlichen das von Chaulnes vorgeschlagene, indeß wahrscheinlich auch von Reichenbach selbständig gefundene Verfahren: das Mayer'sche in Umkehrung, oder eigentlich das schon bei Eintheilung einer gegebenen Strecke mit dem Zirkel übliche, und Reichenbach selbst sagt: »Der »Kreis wurde mit einem Zirkel eingetheilt . . ., man muß sich freilich unter diesem »Zirkel keinen gewöhnlichen Zirkel mit stählernen Spitzen vorstellen« (M. C. 9, 383). All diese Methoden decken sich im Grunde, weil sie alle den einfachsten Weg suchen, nur mit verschiedenen Hülfsmitteln, und Reichenbach's Verdienst liegt hauptsächlich in der meisterhaften Umsicht, Feinfühligkeit und Ausdauer, mit der er die Theilung durchgeführt hat, und ist darum nicht geringer; die Methode allein ist nicht entscheidend.

Nach Rückrede mit Schiegg wurden dann ein 16-zölliger »terrestrischer Kreis«, ein »Mittags-Fernrohr« und ein »astronomischer Kreis« von 18" Durchmesser in Arbeit genommen und 1804 beendigt (M. C. 9, 377 ff.). Reichenbach selbst berichtet dort über den terrestrischen Kreis. Danach trägt ein starker Dreifuß mit drei Stell- und drei Bremsschrauben den Kreis und ist mit diesem fest verbunden. Der Limbus des Kreises liegt höher, als die acht Speichen, und in dem Hohlraume bewegt sich eine durch Radien verstärkte Scheibe frei auf einem kegelförmigen Stahlzapfen; sie trägt vier Verniers, deren Oberfläche mit der Kreistheilung (von 5' zu 5') in einer Ebene liegen. Die Verniers haben 75 Theile auf 74 Kreis-Intervalle, geben also 4", und werden durch Loupen von 1" Brennweite mit weißem Reflector abgelesen. Die Theilflächen sind von Silber, »weil Messing keine so feine Theilung vertragen würde. »Messing und Silber haben auch beynahe gleiche Veränderung bey Wärme und Kälte«. — Das Fernrohr liegt »wie ein Passagen-Instrument mit seinen cylindrischen Zapfen »in gabelförmigen Pfannen zweyer, auf die Alidade geschraubten Stützen, und kann bis »zu einem Winkel von ohngefähr 45° erhöhet werden«. Das Fernrohr hat 2" Oeffnung und 18" Brennweite (sehr kurz); es soll nur durch eine Schnur vertical bewegt werden, damit kein Zwang möglich sei.

Die Größe des Passagen-Instruments wird nicht angegeben. Die Achse ist aus einem Stücke hohl gegossen. Es ist als Reise-Instrument eingerichtet (M. C. 9, 381).

Der astronomische Kreis (S. 382) »soll eigentlich die Stelle eines Zenith-Sectors ver»treten. Er ist ein ganzer Kreis, welcher um sein Centrum beweglich ist und an jeder »beliebigen Stelle mit einer metallenen Säule so verbunden werden kann, daß er bey Be»wegung der Alidade in vollkommener Ruhe bleibt«. In zwei Secunden kann man von der Ost- in die Westlage drehen. »Man kann auch, wie mit einem Borda'ischen »Kreise, die Zenith-Distanzen multipliciren«. Mit solchem Instrumente mißt Schiegg im

October 1804. Er schließt die Mittheilung über seine Beobachtungen mit den Worten: »Die Bequemlichkeit, welche ein Reichenbachscher Kreis gewährt, habe ich hinlänglich »erfahren, und kann sie daher nicht genug rühmen« (M. C. **12**, 357/59). — Er bemerkt außerdem, es fehle der neuen Werkstatt einstweilen an gutem Glas, »indessen ist »man auf dem Wege, auch dahin zu gelangen: wenigstens sind die ersten Versuche so »ausgefallen, daß sie dem englischen Flintglase nicht nachstehen . . . Mein Vergnügen »bei der ganzen Sache ist, daß ich ein solches Etablissement veranlaßte und den ersten »Impuls dazu gab«. Diese letzten Worte lassen annehmen, daß Schiegg auch für die geschäftliche Sicherung der Werkstatt mit thätig gewesen, die sich kürzlich (20./6. 1804) vollzogen hatte. Reichenbach's Mittel hätten für eine genügende Erweiterung des Betriebes nicht ausgereicht; er verband sich deshalb mit dem rührigen Geschäftsmanne v. Utzschneider[1]), der das nöthige Capital einschoß und den commerciellen Theil übernahm. Reichenbach vertrat die Construction und die Vollendung der Instrumente, und Liebherr wurde »erster Meister« (Gilbert, **68**, 44).

Es kamen nun schon Bestellungen von auswärts. Schiegg schreibt 1805 von der Bestellung »3-füßiger Wiederholungskreise« für Ofen (Pasquich) und Riga. Um diese Zeit wurde auch für Schiegg selbst in der neuentstandenen Werkstatt, wohl zum Theil nach seinen Angaben, ein Basis-Meßapparat gebaut, der ihm für seine Vermessungen in Bayern dienen sollte. Die Stangen waren einfache Eisenstäbe von quadratischem Querschnitte, 4^{m} lang, mit Sector und Niveau zur Bestimmung der Neigung und einem Thermometer versehen, dessen Kugel in die Stange eingelassen war. Die verstählten Enden waren stumpf keilförmig; die etwas rundlichen Schneiden standen um 90° gegen einander verdreht, die eine wagerecht, die andere lothrecht. Je zwei Stangen wurden nicht unmittelbar in Berührung gebracht, sondern es wurde ein schlanker Stahlkeil mit Theilung leicht dazwischen geführt und die Theilung gegen die eine Schneide abgelesen. Das Ganze war von einem Holzkasten umschlossen. — Die Benutzung dieses Meßkeils erfordert große Vorsicht, weil er in Folge seiner schwachen Steigung den Druck, mit dem er eingeführt wird, vielfach gesteigert auf die Stangen überträgt; in dieser Beziehung ist Borda's Schieber vorzuziehen. — F. X. v. Zach verwandte 1808 bei Bologna einen Keil, der an einem Faden hing (suspendu comme un fil-à-plomb) (Zach **2**, 14); auch dabei wird große Vorsicht nöthig gewesen sein. — A. v. Zach dagegen umging die Berührung der Stangen (M. C. **7**. 137), indem er einen Lothfaden mit beiden Enden nach der Loupe in Berührung brachte und die Fadendicke berücksichtigte. Leider wird über die Art der Aufhängung des Fadens und der Einstellung der Stangen Näheres nicht berichtet. Sie müssen wohl in verschiedenen Höhen gelegen haben.

Bei dem rasch zunehmenden Umfange des Betriebes in Reichenbach's Werkstatt machte sich die Unsicherheit in der Erzeugung der optischen Theile, besonders der Objective, mehr und mehr fühlbar. Bisher war dieselbe dem Optiker Niggl anvertraut gewesen, der aber nicht ganz genügte, und Utzschneider hatte schon 1805, als er auf einer Reise in der Schweiz den Optiker Guinand[2]) kennen lernte, der sich

[1]) Joseph von Utzschneider, Rieden (Oberbayern) 1761 — München 1840.

[2]) Pierre Louis Guinand, Corbatière bei Chaux-de-Fonds 1748 — Brenets 1824.

auch mit einigem Erfolg an Glasschmelzungen gewagt hatte, diesen für die Münchener Werkstatt angeworben. Aber die Sache ging doch nicht recht voran, und wieder war es der uneigennützig interessirte Schiegg (Merz, 5), der Veranlassung gab, daß 1807 Fraunhofer[1]) als Optiker von Utzschneider und Reichenbach angestellt wurde. Niggl trat bald darauf aus, und Fraunhofer hatte sich schon mit so gutem Erfolge der optischen Arbeiten angenommen, daß Utzschneider und Reichenbach beschlossen, Fraunhofer als Theilhaber aufzunehmen und unter seiner Leitung in Benedictbeuern eine besondere optische Anstalt zu errichten. Durch Vertrag vom 7./2. 1809 (Merz, 6) entstand so die Firma Utzschneider, Reichenbach & Fraunhofer in Benedictbeuern, während die mechanische Werkstatt in München verblieb.

Inzwischen hatte Reichenbach des Krieges wegen in den Jahren 1805—6 München auf längere Zeit verlassen müssen (M. C. **18**, 256). Um solche Störungen zu vermeiden und sich der Werkstatt besser widmen zu können, nahm er 1811 als Hauptmann der Artillerie seinen Abschied (Reg.-Bl.), und es war das wohl um so nothwendiger, als sein Verhältniß zu Utzschneider und Liebherr kein gutes blieb. Im Jahre 1812 (oder wohl etwas später, denn 1813 erscheint noch ein vom 18./11. 1812 datirtes Preisverzeichniß von Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer, M. **27**, 197) trennte Reichenbach sich sogar geschäftlich von ihnen (Gilbert, **68**, 44ff.), 1814 auch von Fraunhofer, wenngleich dieser auch fernerhin ihm die nöthigen Gläser lieferte; Reichenbach nahm dagegen Ertel[2]), der schon längere Zeit unter ihm gearbeitet hatte, als Leiter seiner Werkstatt an (Reg.-Bl.). Utzschneider versuchte nach einiger Zeit, im Verein mit Liebherr, dem Reichenbach seine ältere Theilmaschine überlassen hatte, diesem Concurrenz zu machen; 1816 veröffentlichte er in Lindenau's Zeitschrift für Astronomie (**2**, 168, 173) ein Preisverzeichniß von Utzschneider und Fraunhofer über Objective, Heliometer, Refractoren, Cometensucher etc. und ein anderes von Utzschneider, Liebherr und Werner über Passagen-Instrumente, Meridiankreise, Repetitionskreise, Theodoliten etc., wie Reichenbach solche machte. Reichenbach selbst äußert sich über diese Angelegenheiten 21./10. 1816 gegen Bessel[3]), als dieser nach einem Heliometer gefragt hatte: »Das optische Institut in Benedictbeuern, das ich

---

[1]) Joseph Fraunhofer, Straubing 1787 — München 1826.

[2]) Traugott Lebrecht Ertel, Ober-Forchheim bei Freiberg i. S. 1778 — München 1858.

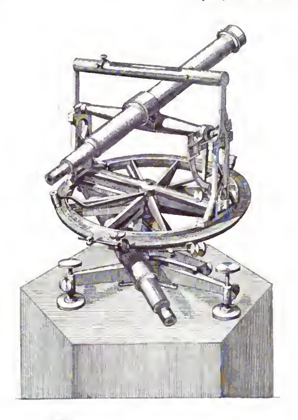
[3]) Durch freundliches Entgegenkommen des Herrn Berend Bessel Lorck, des damaligen Besitzers der von Bessel hinterlassenen, jetzt der Akademie der Wissenschaften in Berlin gehörigen Briefe, des inzwischen verstorbenen Prof. E. Schering, der Schumacher'schen Erben und des früheren Directors der Sternwarte zu Pulkowa Otto Struve bin ich 1894 in den Besitz von Abschriften der von Reichenbach und Fraunhofer an Bessel, Gauss, Schumacher und W. Struve gerichteten Briefe gelangt. Die Gegenbriefe waren leider nicht aufzufinden. Herr Constantin v. Reichenbach, dessen Gattin eine Enkelin Georg Reichenbach's ist, hatte die Güte, mir die noch in seinen Händen befindlichen Papiere zur Einsicht zu übersenden, soweit sie sich auf Astronomie beziehen; aber es ist kein Brief jener Astronomen darunter, dagegen theilte Herr v. Reichenbach mir gleichzeitig mit, seine Gattin wisse, daß im Hause ihrer Eltern viele Papiere, die sich auf Reichenbach bezogen, verbrannt worden seien. — Herr Dietz, Director des Reichenbach'schen Instituts (Firma T. Ertel & Sohn) in München, an den ich mich auch wandte, theilte mir mit, daß er seit seiner Anstellung im Institut, 1866, oft habe wahrnehmen müssen, daß viele an Reichenbach gerichtete Briefe an »Autographenjäger« verschenkt wurden. Als Herr Dietz 1876 die Leitung übernommen, sei nichts mehr vorhanden gewesen. — Man wird danach höchstens noch erwarten dürfen, daß gelegentlich einmal einige der fraglichen Briefe bekannt werden.

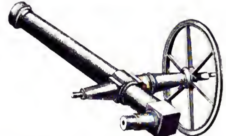
Auch Antworten zu den Briefen Fraunhofer's habe ich nicht erlangen können. R.

»schon längst dem sehr geschickten Hr. Fraunhofer zur Führung und Herrn von »Utzschneider allein überlassen habe, indem es meiner Hülfe nicht mehr bedarf, »verfertigt Heliometer von gleicher qualität, jedoch in der Aufstellung verschieden«; und 4./1. 1817 gegen Schumacher[1]): »Utzschneidrische Instrumenten sind keine Reichen-»bachische; mein Institut für Verfertigung astronomischer Instrumenten ist die erste »original Anstalt, und besteht unter meinem Namen für sich. Herr von Utzschneider »will mit Hülfe des früher bei mir gewesenen Herrn Liebherr eine ähnliche Anstalt »errichten; ich wünsche Glück dazu u. s. w.« Er nahm die Sache also keineswegs tragisch. Wenn man aber beachtet, in wie starkem Maaße Reichenbach Anfangs durch seinen Dienst, später durch Reisen und Aemter in Anspruch genommen gewesen ist, so kann man nicht zweifeln, daß Liebherr, und besonders Ertel, ihm sehr nützliche und überaus tüchtige Mitarbeiter gewesen sind. Schon 1807 wurde Reichenbach zur Mitleitung des Maschinenwesens der General-Salinen-Administration herangezogen, und 1808 wurde er mit der Erbauung der Salinen-Hebungsmaschine zu Reichenhall beauftragt, die im Juli 1810 in Rosenheim eröffnet wurde (Reg.-Bl.). Wenngleich das in dieser Anlage angewandte Princip nicht neu war und man annehmen darf, daß zur eingehenden Ausarbeitung der Pläne Reichenbach technisch geschulte Beamte zur Verfügung standen, so konnte doch nicht ausbleiben, daß die Leitung der Arbeiten ihn sehr in Anspruch nahm. 1811 erbaut Reichenbach auch ein Wasserwerk für das neue Krankenhaus im botanischen Garten in München. Von October 1814 bis April 1815 ist er in Italien; 1817 erbaut er die Soolleitung von Reichenhall nach Berchtesgaden, die noch am Ende des Jahres vollendet wurde; 1818 oder 19 stellt er eine Kreis-Theilmaschine für das polytechnische Institut in Wien her und richtet dort eine Werkstatt ein, baut auch für Wien eine Stück-Bohrmaschine und stellt sie 1823 selbst auf (Reg.-Bl.). Die Erbauung eines Wasserwerks in Augsburg hatte ihm 1821 und hat ihm später noch zu schaffen gemacht. — Ueberdies hatte Reichenbach 1820 noch ein weiteres Staatsamt übernommen; er schreibt Schumacher darüber am 6./3. 1820: »Ich bin seit kurzem Director vom Straßen, Brücken »und Wasserbau im ganzen Königreich geworden, welche Stelle mir die Astronomie »nur mehr als Liebhaberey und für auserordentliche Freunde in Nebenstunden zuläßt. »— Vor wenigen Tagen komme ich von der Reise und schon stehe ich, wie man zu »sagen pflegt, mit einem Fuße im Wagen, um meine Reise nach Wien anzutretten, »welche 6 Wochen dauern dürfte. Nach dieser Reise muß ich eine noch größere »nach England und Frankreich machen«. Und an Bessel schreibt Reichenbach am 14./12. 1820: »Wohl habe ich mich in der Hauptsache von den astronomischen Ge-»schäften zurückgezogen, allein Sie wissen, der alte Fuhrmann läßt das klatschen »nicht, und so werde ich für diese schöne Wissenschaft immer thätig bleiben. »Wenn ich auch selbst keine Instrumenten mehr mache (was ich im eigentlichen Sinne »schon mehrere Jahre nicht mehr gethan habe, da ich nur deren Verfertigung leitete, »die Constructionen dazu entwarf, und nur da Hand anlegte, wo die anderen nicht »mehr fortkommen konnten weil ich es ihnen vorhero entweder noch nicht recht »gezeigt, oder noch nicht ganz eingeübt hatte), so werde ich die Sache doch nie aus

[1]) Christian Heinrich Schumacher, Bramstedt 1780 — Altona 1850.







Reichenbach's terrestrischer Kreis, 1804,
nach Liebherr.

»den Augen verlieren und den Instrumentenmachern jederzeit den geeigneten Im-»puls zu geben wissen, wo zu ich mir vor allen andern meinen ehemaligen Werk-»meister, der sehr geschickt und aufmerksam ist, auserwählt habe. Der Hr. Ertel »hat zwar keine Theorie, aber um die schon erfundene und in allen Theilen ge-»zeichnete von ihm selbst vielfältig ausgeführte Instrumenten fernerhin auszuführen, »bedarf (es) auch keiner Theorie, sondern nur der nöthigen Aufmerksamkeit und kör-»perlichen Geschicklichkeit. Meine Frau, welche seit mehreren Jahren alle Instru-»menten, auch Ihren Kreis, eingetheilt hat, wird fernerhin, bis einmal ein hierzu taug-»liches Subject sich vorthut, eintheilen, und so bleibt im ganzen genommen die Sache »beym alten«. Die Astronomen sind also Frau v. Reichenbach, Therese, geb. Sting (Todes-Anzeige Reichenbach's), für ihre Mithülfe zu besonderem Danke verpflichtet. Uebrigens ließ Reichenbach's Einfluß auf die Werkstatt mehr und mehr nach, und Anfang 1822 hört auch sein Briefwechsel mit seinen astronomischen Freunden auf. Reichenbach war damals erst 50 Jahre alt.

Bei weiterer Betrachtung der Instrumente Reichenbach's stehen in erster Linie die transportablen, in denen er am eingreifendsten reformirt hat. Man hat dabei die sehr verschiedenen Bezeichnungen, die in großer Mannigfaltigkeit vorkommen, wohl zu beachten.

Es sind zu unterscheiden:

1. Der terrestrische Kreis, später auch Horizontal- oder Azimuthalkreis oder Theodolit genannt,

2. der astronomische Kreis, später auch Verticalkreis oder Kreis mit stehender Säule genannt (während Zach als Kreis mit feststehender Säule einen großen Wiederholungskreis bezeichnet, der sich an einem langen senkrechten Träger zwischen festen Lagern dreht, an dem also nichts fest ist, als die Lager, M. C. **25**, 324 ff.),

3. der astronomische Theodolit, eine Combination von 1. und 2.,

4. der Borda-Kreis,

5. das Universal-Instrument.

Von Reichenbach's erstem terrestrischen Kreise ist schon die Rede gewesen. Eine spätere Zeichnung Liebherr's[1]) giebt eine Vorrichtung zum Repetiren und ein Sicherheitsrohr an **[Fig. 138]**. Beides scheint bei der ersten Ausführung gefehlt zu haben. Man weiß nicht, was Reichenbach und Schiegg vorher verhandelt haben, aber man muß annehmen, daß ihnen Ramsden's Theodolit bekannt war, und in der That sind die Grundzüge beider Instrumente dieselben. Reichenbach's Construction hat aber große Vorzüge. Vor Allem die Reduction des Kreisdurchmessers auf weniger als die Hälfte und die Beschränkung der Höhe des ganzen Aufbaues geben dem Instrumente erst den Charakter eines Reise-Instruments und erhöhen zugleich die Festigkeit. Auch ist es ein Vortheil, daß die Azimuth-Drehung des ganzen Instruments zur Einrichtung des Sicherheitsrohres fortfiel. Freilich muß auch Reichenbach's Art,

[1]) Aus einer Anzahl von Zeichnungen, die Liebherr 1816 oder früher herstellte und auf welche in den Preisverzeichnissen »der mechanischen Werkstätte Utzschneider, Liebherr et Werner in München« von 1816 (Lindenau, 2, 165, 173) Bezug genommen wird. Reichenbach beschwert sich in Gilbert's Annalen (**68**, 48) über die Herausgabe dieser Blätter; man wird sie eben deßhalb als im Allgemeinen treue Wiedergabe der Instrumente Reichenbach's ansehen dürfen.

dieses Rohr am Dreifuße anzubringen, nicht zweifelfrei gewesen sein; wenigstens ließ Gauss[1]) (Gauss-Sch., **2**, 30) es 1825 an seinem Instrument ganz beseitigen und die Hemmung des Kreises unmittelbar an den Fuß anschließen, weil er Unsicherheiten gefunden hatte.

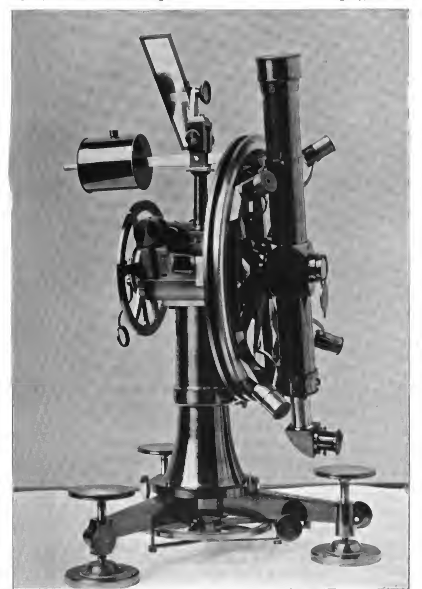
Dem astronomischen Kreise ist in Reichenbach's Beschreibung (oben S. 95) durch die Bemerkung: »soll eigentlich die Stelle eines Zenith-Sectors vertreten« seine Bestimmung vorgezeichnet, und Reichenbach legte großen Werth auf diese Construction. Ueber den für Schumacher in Arbeit befindlichen Kreis **[Fig. 139]** schreibt Reichenbach 17./9. 1818: »Der 18-zöllige astronomische Kreis . . . ist auch schon sehr weit vorangerückt. »Sie werden Ihre wahre Freude an diesem für den reisenden Astronomen äuserst »wichtigen Instrumente haben . . . ich verspreche mir davon die alleralleralleraller- »schärfsten Beobachtungen«. Auch Gauss gegenüber spricht sich Reichenbach ähnlich aus und hebt die Construction als eine ganz neue hervor. Schumacher's Instrument ist etwas verändert worden, besonders scheint der Spiegel über dem Niveau nachgefügt zu sein. Eine sehr eingehende Beschreibung mit Zeichnungen giebt W. Struve[2]) von einem ähnlichen Instrumente (von 1822) in seiner »Breiten-Gradmessung« (S. 30); auch hier waren aber nachträglich einige kleine Aenderungen eingeführt worden. — Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die guten Erfahrungen, welche W. Struve mit Reichenbach's astronomischem Kreise gewann, ihn bestimmten, dieselbe Construction in großem Maaßstabe von Ertel in dem Verticalkreise zu Pulkowa ausführen zu lassen.

Als »astronomischen Theodoliten« bezeichnet Reichenbach einen astronomischen Kreis, dessen Obertheil mit Achsen, Kreisen und Fernrohr von dem Kopfe der senkrechten Achse getrennt und, um 90° verdreht, daran wieder so befestigt werden kann, daß nun die Kreise horizontal nach oben gekehrt liegen **[Fig. 140]** Das Fernrohr ist dann von der Alidade zu trennen und mit Gewinde in einer langen Querachse zu befestigen, deren Zapfen in zwei von der Alidade vorspringende Lagerböcke gelegt werden. Das Instrument ist damit zu einem Theodoliten umgewandelt. Auch hiervon giebt W. Struve in der Breiten-Gradmessung (S. 41) eine ausführliche Beschreibung und Zeichnungen, die im Wesentlichen mit Liebherr's älterer Zeichnung übereinstimmen. Ob jene Umgestaltung des Instruments ohne Schaden oft wiederholt werden durfte, ist wohl zu bezweifeln.

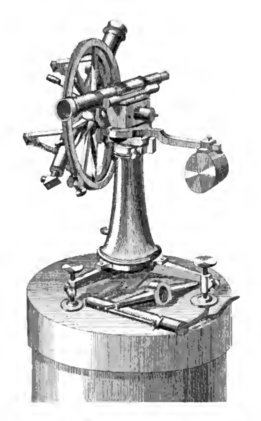
Reichenbach's Borda-Kreise sind den ursprünglich von Le Noir gebauten in den Hauptzügen nachgebildet; doch haben sie den Vorzug, daß die schon von Puissant beanstandete hohe und schlanke Säule durch einen sehr kräftigen Gußfuß ersetzt ist; auch ist statt der wenig zweckmäßigen Tangentschraube mit Gang ohne Ende an der hinteren Scheibe der Kreisachse eine Klemme mit Stellschraube in Kugellagern eingeführt. Ueberdies sind sie den älteren Instrumenten in den Theilungen beträchtlich überlegen (M. C. **10**, 356). Das Bild **[Fig. 141^{a}]** zeigt Schumacher's Instrument von 1819; die im Wesentlichen gleiche Zeichnung Liebherr's trägt die irreleitende Bezeichnung »Großer Theodolit« **[Fig. 141^{b}]**.

[1]) Carl Friedrich Gauss, Braunschweig 1777 — Göttingen 1855.

[2]) Friedrich Wilhelm Struve, Altona 1793 — Pulkowa 1864.



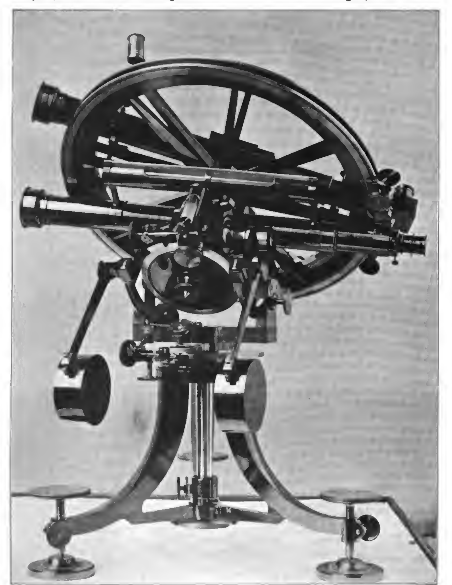
Reichenbach's astronomischer Kreis, um 1818, mitgetheilt von Herrn Prof. Harzer, Kiel.



Reichenbach's astronomischer Theodolit, vor 1816,

nach Liebherr.



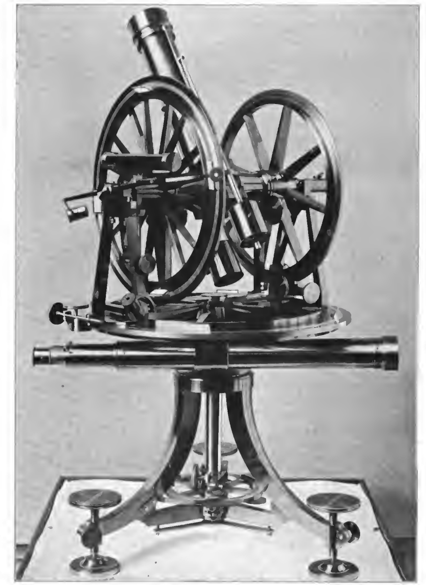


Reichenbach's Borda-Kreis, 1818, mitgetheilt von Herrn Prof. Harzer, Kiel.





Reichenbach's Borda-Kreis (großer Theodolit), vor 1816,
nach Liebherr.



Reichenbach's Universal-Instrument, 1812—19, mitgetheilt von Herrn Prof. Harzer, Kiel.

Das Universal-Instrument ist eine neue Gattung astronomisch-geodätischer Reise-Instrumente, die Reichenbach schon 1812 beschäftigte. Er schreibt an Gauss 18./3. 1812: »Ich denke gegenwärtig einem Instrument nach, welches das Resultat aller meiner »bis jetzt gemachten Erfahrungen seyn wird, und das für alle astronomische und ter- »restrische Beobachtungen gleich geschickt seyn soll. Das Instrument wird transportabel, »nicht sehr groß und nicht sehr theuer, man kan es an jedem Ort aufstellen und »jede Gattung von Beobachtung damit machen; ich hoffe damit der Astronomie »einen großen Dienst zu leisten, und werde Ihnen zu seiner Zeit Nachrichten darüber »geben.« Diese scheint Gauss nicht erhalten zu haben; dagegen schreibt Reichenbach 18./1. 1814 an Schumacher: »Die neue Instrumenten für Herrn Baron von Zach und »Oriani[1]) nenne ich universal Instrumenten, weil solche alle denkbare Meß-Instrumenten, »multiplicirend substituiren. Sie können auf Reisen mitgenommen und überall auf der »Stelle aufgestellet werden. Ein solches Instrument nebst einer guten Uhre bildet eine »vollständige Sternwarte.« Reichenbach giebt ihm später den wunderlichen Namen »Stutzschwanz« **[Fig. 142]**. — Die ersten Instrumente dieser Gattung müssen noch zum Repetiren eingerichtet gewesen sein; denn Schumacher, der 1819 ein solches bekommen hatte, hat ihm 1824 »die Multiplication nehmen lassen« (Gauss-Sch., **1**, 402); er hat auch ein über den Kreis greifendes Setzniveau, statt des niedrigen, aber durch den Kreis zu steckenden, herrichten lassen, so daß es »vollkommen wie ein Meridiankreis eingerichtet ist«. Das von Struve bei seiner Breiten-Gradmessung benutzte Exemplar, welches er 1820 »aus Reichenbach's Händen« erhielt, hat keine Repetitions-Einrichtung.

Die Haupteigenthümlichkeit des Universal-Instruments ist das sogenannte gebrochene Fernrohr, also die Verlegung des sonst schon oft kurz vor oder hinter dem Ocular angewandten Spiegels in die Mitte der Brennweite und Benutzung einer Hälfte der zwischen den Lagern symmetrisch geformten horizontalen Achse als Theil des Fernrohres, so daß das Ocular in horizontaler Lage aus dem Zapfenlager hervortritt. Es war das ein sehr glücklicher Gedanke, denn nicht allein ist dadurch eine für alle Fernrohrlagen gleiche und sehr bequeme Ocularstellung erreicht, sondern auch die Möglichkeit zu einem der Hauptsache nach symmetrischen Aufbau des ganzen Instruments gegeben, die bis dahin bei Höhenkreisen fehlte. Allerdings geht durch die Spiegelung etwas Licht verloren, aber bei dem inmitten des Strahlkegels angebrachten Glasprisma wird im Allgemeinen der Lichtverlust durch unvollkommene Politur der Glasflächen nicht größer sein, als bei Anwendung eines gebrochenen Oculars.

Die unteren Theile sind denen des Borda-Kreises und des Theodoliten ähnlich, die Lager für die Fernrohrachse sind aber etwas höher, um Raum für den Höhenkreis und die Gegengewichte des Objectivrohres zu geben. Die Fernrohrachse zeigt in der Mitte einen Würfel, der das Prisma enthält, und anschließende Conen, die zu den Lagern hin abfallen, dazwischen aber Flanschen zur Aufnahme zweier Kreise tragen; der eine hat eine durch Verniers auf 10″ ablesbare 10′-Theilung, an dem andern, grob getheilten, schleift eine Klemme mit Stellschraube. W. Struve beschreibt sein Universal-Instrument in der Breiten-Gradmessung (S. 32). Er hat einige Aenderungen

[1]) Barnaba Oriani, Garegnano bei Mailand 1752 — Mailand 1832, Dir. obs.

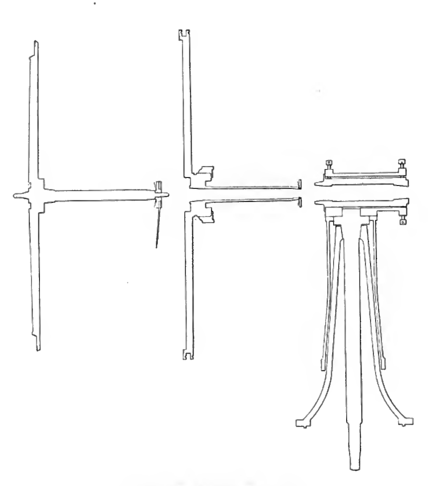
daran machen lassen, besonders hat er den horizontalen Theilkreis (5'—5', auf 4" abzulesen) von der Klemme befreit und diese an eine dem unteren Ende der Achse nahe Scheibe angebracht, die mit einer groben Theilung versehen ist.

Die meisten dieser Instrumente, mit Ausnahme der ersten Exemplare, waren zum Repetiren oder, wie Reichenbach zu sagen pflegt, zum Multipliciren, eingerichtet. Es stellten sich aber bekanntlich bald Bedenken gegen dieses Verfahren heraus (M. C. **25**, 211), Unsicherheiten, trotz guter Uebereinstimmung wiederholter Messungen, die auf Unvollkommenheiten in den Achsenführungen und besonders auf Spannungen in den Stellschrauben-Einrichtungen mit ihren an den Kreisen schleifenden Klemmen zurückzuführen waren, oft auch wohl auf Ungeschicklichkeit des Beobachters, und Reichenbach spricht sich schon 1815 (R.-Bessel 12./7. 1815) gegen das Multipliciren aus. Er sagt: »Von dem gar zu großen Werthe den man bisher allgemein und »ich selbst auf multiplicirende Instrumenten bey Zenithal Abstände legte, bin ich zum »Theil zurückgekommen, indem, auch bei den besten multiplicirenden Instrumenten, sich »manchmal Fehler zeigen, deren Ursache zu ergründen oft unmöglich ist, ... für was »also mit dergleichen Instrumenten viel multipliciren? da man die Beobachtungen damit »wiederholen und aus mehreren das Mittel nehmen kann u. s. w. Ich habe auch noch »einen großen Verdacht auf die Flexibilität der Metalle«, und »Multiplicirende Instru»menten sind, ihrer complicirteren Construction wegen, diesem Uebel mehr als nicht »multiplicirende ausgesetzt«. Von der Unzweckmäßigkeit der Klemmung an den Kreisen überzeugte sich indeß Reichenbach erst später.

Ein schwacher Punkt bei Reichenbach's kleineren Instrumenten sind die Achsen (von Stahl), die sich mit sehr schlanken Conen in ihren Büchsen (von Metall) führen, zuweilen mit einem Conus und einem Cylinder, aber auch mit zwei Conen **[Fig. 143]**. Im ersteren Falle besteht nur der Uebelstand starker Reibung, die durch eine Gegenfeder verringert werden kann, im andern aber können, wegen der verschiedenen Ausdehnung der beiden Metalle, nur bei einer bestimmten Temperatur beide Conen richtig passen. Daß Reichenbach dies nicht mehr beachtet hat, ist um so auffälliger, als er oft von der Dehnung der Metalle spricht. Er giebt diesen Uebelstand Gauss gegenüber (31./1. 1818) selbst zu, meint aber doch, er könne »nur ein unmerkliches Wanken in »der verticalen Ebene hervorbringen«. — Es ist übrigens von Interesse, daß Reichenbach (am 25./3. 1814) Bessel gegenüber ein Universal-Instrument in größeren Dimensionen, mit Kreisen von 30z Durchmesser, »zum Gebrauch einer Haupt-Sternwarte« in Vorschlag bringt.

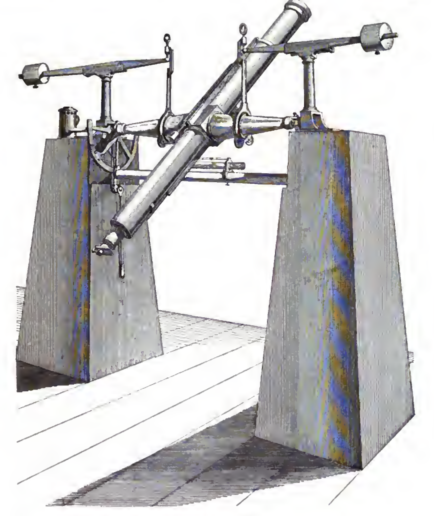
Unter den von Reichenbach ausgeführten größeren Instrumenten zeigen seine Durchgangs-Instrumente einige Aehnlichkeit mit denen von Ramsden und Cary **[Fig. 144]**. Doch ist die Gewichtsaufhebung durch Einführung unter der Achse laufender Rollen, statt der unmittelbar unter den Zapfen gleitenden Haken, verbessert. Das Loth zur Controlle des Hängeniveaus ist mit Recht fortgelassen. Die von Reichenbach eingeführten Hebel zur Aufhebung der Fernrohrbiegung haben sich als nicht zweckmäßig erwiesen.

Reichenbach's frühere Durchgangs-Instrumente trugen an der Achse einen Halbkreis. Gauss erhielt aber 1818 ein 6-füßiges mit einem Aufsuch-Kreise am Ocular-Ende. Reichenbach schreibt am 28./4. 1818: »Sie werden auch anstatt dem lästigen

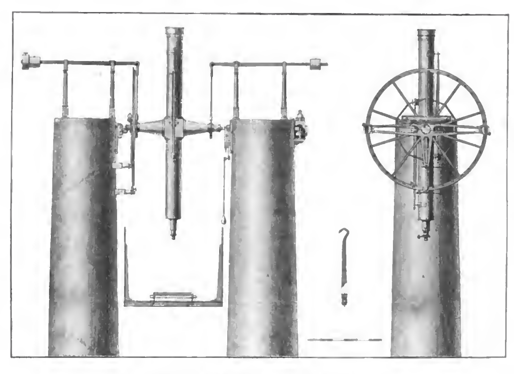


Reichenbach's Achsenlagerungen,

nach W. Struve, Breitengradmessung.



Reichenbach's Durchgangs-Instrument, um 1810,
nach Liebherr.



Reichenbach's Meridiankreis Neapel, 1814,

nach Brioschi, Commentarii.

»Halbkreis an der Seite (auf der Achse) zum aufsuchen einen kleinen Kreis an der Seite »der Ocular-Röhre wie ein angekleckster Harbeutel finden«. Diese wunderliche Bezeichnung kommt auch später vor, als Gauss einen zweiten verlangt. Es scheint, als glaubte Reichenbach mit dieser Einrichtung eine Neuerung einzuführen, und daß es eine solche gewesen, ist auch sonst geäußert worden. Das ist aber ein Irrthum, denn Troughton hat schon an seinem inschriftlich 1816 vollendeten Durchgangs-Instrumente für Greenwich solche Kreise, oder richtiger Kreisbögen, am Fernrohr angebracht (Pearson **2**, 369—71). — Zur Erleichterung der schon von Maskelyne angewandten Umlegung der Achse in den Lagern (Lindenau **2**, 226) wird, wohl nach Troughton (unten S. 120), ein Flaschenzug über dem Instrument angebracht, der durch eine Walze mit Kurbel an der Wand bewegt wird (R.-Gauss 17./9. 1818).

Bei Gelegenheit der Ausführung seines ersten Durchgangs-Instruments (oben S. 95) erwähnt Reichenbach (M. C. **9**, 381) und wiederholt 18./1. 1814 Schumacher gegenüber, die Achse sei aus einem Stück gegossen, wie auch der Theilkreis (M. C. **9**, 383). Reichenbach würde kaum davon gesprochen haben, wenn er nicht gewußt hätte, daß damals die Engländer es vielfach zweckmäßig fanden, ihre zuweilen übertrieben groß angelegten Constructionen zur Verringerung des Gewichtes aus mehreren hohlen Theilen zusammenzufügen; er wollte nur betonen, daß er darin anderer Meinung war. Aber er hat sicher nicht, wie man es zuweilen aufzufassen scheint, damit sagen wollen, daß nicht früher schon größere Stücke aus einem Gusse hergestellt worden wären. Denn er wußte gewiß, daß Ramsden's Theilkreis aus einem Gusse bestand, und kannte den Stand der englischen Technik genügend, um darin nichts Ungewöhnliches zu finden.

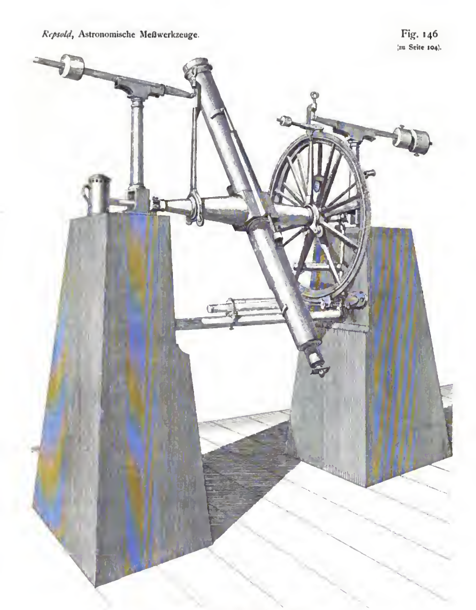
Meridiankreise in der jetzigen Bedeutung des Wortes, also nach Art der Rota meridiana Römer's (denn man hat auch Mauerkreise und drehende Kreise, wie den Piazzi's, so genannt) hat Reichenbach erst spät gemacht, nachdem schon Repsold[1]) 1802 und Troughton 1806 damit vorangegangen waren und ein früherer Versuch in Göttingen nicht hatte durchgeführt werden können; Bernoulli nämlich fand 1768 11./10. dort »une roue méridienne de Roemer (Horrebow § 366) qu'on auroit montée, si on »avoit pu se fier à la gallerie« (Bernoulli, 16). Ob Mayer, Lowitz[2]) oder Kästner[3]) das Instrument hat bauen lassen, wird leider nicht gesagt. Dagegen ist Bugge's[4]) »cercle entier«, von dem La Lande in seiner Astronomie (§ 2333) redet, ein einfaches Durchgangs-Instrument gewesen, denn der Kreis war unterdrückt »utpote minus necessarius« (Observationes astronomicae, Havniae 1784). — Reichenbach's erster Meridiankreis war der 1814 nach Neapel gesandte **[Fig. 145]**. Das Fernrohr hat 5' Brennweite, und die Achse ist seinem Durchgangs-Instrumente nachgebildet. Der dreifüßige Kreis sitzt fest an dem einen Ende der Achse, außerhalb des Rollenträgers; er ist ganz nach Art der kleinen Instrumente bis zur Peripherie hin vertieft, um die Alidade mit zwei Verniers aufzunehmen. Gegen das Repetiren ist Reichenbach schon so eingenommen, daß er am 25./3. 1814 an Bessel schreibt »wenn das Instrument von der

[1]) Johann Georg Repsold, Wremen 1770 — Hamburg 1830.
[2]) Georg Moritz Lowitz, Fürth 1722 — Ilowla 1774, Prof. math.
[3]) Abraham Gotthelf Kästner, Leipzig 1719 — Göttingen 1800, Prof. math.
[4]) Thomas Bugge, Kopenhagen 1740 — 1815, Dir. obs.

»größten Schärfe seyn soll, so muß man auf das multipliciren ganz Verzicht leisten«, und der Kreis ist nicht zum Wiederholen eingerichtet. Am Kreise gleitet die übliche Klemmbacke, die durch eine Schraube mit zwei Kugellagern gegen den Pfeiler gehalten wird. Es ist für den Kreis kein Gegengewicht an der Achse vorhanden, dagegen ist der Hebel der Kreisseite mit besonderem Zusatzgewicht versehen. Auf Umlegung der Achse scheint nicht gerechnet zu sein, da sich nur an dem einen Pfeiler ein Halt für die Declinationsschraube befindet. Eine außen am Pfeiler angebrachte Lampe giebt Feldbeleuchtung durch die Achse nach Ramsden. Ein Hängeniveau dient zur Controlle der Achsenlage. Das Ocular hat ein Declinations-Mikrometer. Die Steinpfeiler sind von rundem Querschnitt und wenig wachsend nach unten.

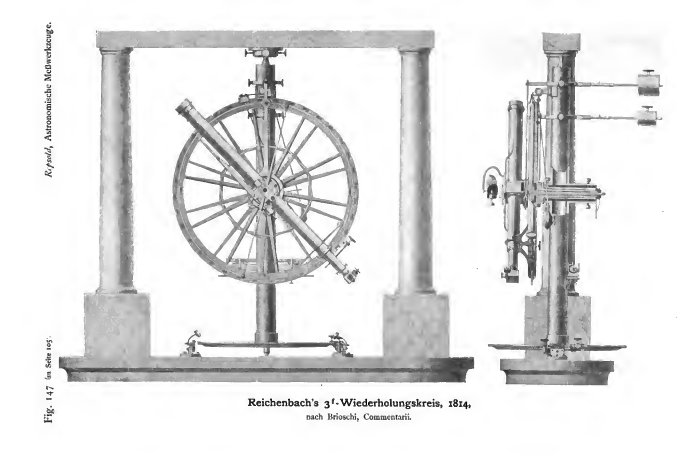
Erst 1819 vollendete Reichenbach seine Meridiankreise für Gauss und für Bessel, nachdem ein gleicher in München kurz vorher aufgestellt worden war **[Fig. 146]**. Sie waren im Allgemeinen dem für Neapel ähnlich, doch mit 6'-Fernrohr und durch vier Verniers abzulesen. Bessel hatte mikroskopische Ablesung gewünscht, Reichenbach wollte aber nicht darauf eingehen; er scheint eine unüberwindliche Abneigung dagegen gehabt zu haben, ohne triftige Gründe anzuführen. Er meint, wer nicht eine vollkommen genaue Theilung machen könne, müsse wohl zu Mikrometer-Mikroskopen seine Zuflucht nehmen, »weil der Nonius (Vernier) der Verräther aller Theilungsfehler »ist« (R.-Bessel 21./10. 1816); bei den Mikroskopen lese man nicht die Theilung, sondern deren Bild ab, und dabei könnten allerlei Fehler vor sich gehen, etc. Genug, es blieb bei Verniers. Der Alidaden-Kreis bekam besondere Gewichtsaufhebung; die Achse blieb indeß durch den Theilkreis stark einseitig belastet. Der Lagerdruck wurde natürlich durch die Gegengewichte auf ein geringes, gleiches Maaß gebracht, aber daß sich die Achse »in einigen Minuten ohne alle Mühe, Erschütterung oder Gefahr« hätte umlegen lassen, wie Reichenbach sagt (R.-Bessel 21./10. 1816), ist nicht gut denkbar; denn zu dem Geschäfte war auch hier jedesmal ein Flaschenzug anzubringen, der die Achse, des verschobenen Schwerpunktes wegen, nicht in der Mitte angreifen durfte und auch nicht in der Mitte hängen konnte. — Die Fernrohrhälften haben noch die Biegungshebel; aber Reichenbach scheint keinen großen Werth mehr darauf zu legen, denn er stellt Gauss frei, sie abzunehmen. Große Beunruhigung erregten aber Biegungen im Theilkreise und in der Alidade, welche durch die an denselben wirkenden Hemmungen veranlaßt und bisher bei ähnlich construirten Instrumenten nicht erkannt worden waren. Soldner[1]) wurde auf Unregelmäßigkeiten in den Ablesungen des Meridiankreises in München aufmerksam, ohne Reichenbach gleich davon zu benachrichtigen, der inzwischen Gauss' und Bessel's Kreise absandte. Reichenbach war auf das Unangenehmste überrascht, als er von dem Uebelstande hörte, machte sich aber, sobald dringende Amtsgeschäfte es erlaubten, eifrig an die Untersuchung mit Hülfe feiner Niveaux, die er an dem Achsenkörper und an dem Kreise anbrachte, und wurde sich über den Grund der Störungen bald klar. »Es spuckt bey dem Meridiankreise«, schreibt er in seiner drastischen Art an Gauss 17./10. 1819: »erschrecken Sie aber nicht darum, mein verehrtester Freund, »denn Sie wissen, daß wenn man den Teufel kennt und den Ort weiß, wo er sich »aufhält, so ist er auch bald gebannt.« Er berichtet dann über seine Versuche und

[1]) Johann v. Soldner, Ansbach 1777? — München 1833.



Reichenbach's Meridiankreis, 1819,
nach Liebherr.

41*



Reichenbach's 3 f. Wiederholungskreis, 1814,
nach Brioschi, Commentarii.

kommt zu dem Schlusse, »alle 10 Speichen der Alidade federn (daher) durch diese »würklich unbedeutende Friction am Centrum, welche durch die Kraft eines Postzugs »von vier gesunden Maykäfer überwunden werden könnte«. Anfangs meinte er dem Uebelstande dadurch begegnen zu können, daß das Rohr stets in gleicher Richtung eingestellt würde, er überzeugte sich aber sehr bald, daß das doch nicht genügen konnte, und machte sich kurz entschlossen daran, den Fehler gründlich zu heben, indem er für die drei Instrumente besondere Klemmarme, von der Achse selbst und vom Mittel der Alidade ausgehend, herstellen ließ. Gauss und Bessel sandte er dann sehr eingehende Angaben, wie diese neuen Theile den Instrumenten anzupassen seien. — Es ist zu bewundern, welche Geduld der energische und vielbeschäftigte Mann an seine Arbeiten und sogar an das ihm wenig sympathische Briefschreiben setzen konnte, wenn es sein mußte; ohne ein gelegentliches »Himmelsacrament« geht es freilich nicht gut, und wenn er zu sehr gedrängt wird, läuft ihm auch wohl, wie man zu sagen pflegt, die Galle über. So schreibt er 24./6. 1819 an Schumacher; »Soeben erhalte ich Ihren »Brief von Altona vom 14. d. M. und diene Ihnen, auf diesen eigentlich geschraubten »Brief zur Nachricht, daß . . . man die astronomische Instrumenten, wenn sie gut seyn »sollen, nicht aus'm Ermel schüttelt und nebst der erforderl. Zeit auch die ge»eignete Muse zu ihrer Verfertigung abwarten muß, wobey ein halbes Jahr auf oder »ab kaum zur Sprache kommt« u. s. w.

Bessel wünschte eine Vorrichtung zur Prüfung der Theilung seines Kreises zu haben, und nach langem Sträuben hatte Reichenbach auch eine solche in Aussicht gestellt. Aber er konnte sich doch nicht entschließen, daran zu gehen, weil er die Nothwendigkeit nicht einsah. Er schreibt am 17./10. 1819 an Gauss: »Herr Bessel hat wohl einen Aparat gewünscht die Theilung zu prüfen . . . allein »wer meine Eintheilungs Methote kennt, dem wird es wohl lächerlich vorkommen, »Theilungs Fehler auf so unvollkommenem Wege suchen zu wollen. Jeder auf solche Art »sich zeigende Fehler könnte nur als Fehler des zur Prüfung angewendeten Aparats, »aber nich der Theilung selbst, gelten; . . . folglich habe ich auch Herrn Bessel keinen »solchen Aparat gemacht.« Und Bessel bekam auch keinen Apparat, obgleich der Briefwechsel noch fortlief. Er schließt am 14./4. 1822 mit einer hübschen Aeußerung Reichenbach's: »Was ist denn dem pondschen Kreis geschehen, daß er auf einmal »nicht mehr gut thun will? Vielleicht liefern wir Deutsche einmal ein Instrument nach »England. Ein solches Instrument würde ich noch einmal eigenhändig machen.«

Meridiankreise, ähnlich dem Münchener, hat Reichenbach noch nach Turin, Ofen, Altona, Gotha, Dorpat, Warschau geliefert; vielleicht auch weitere.

Unter den größeren Instrumenten Reichenbach's haben auch die um senkrechte Endzapfen drehbaren Wiederholungskreise viel Aufsehen gemacht; die ersten, für Ofen und Riga, wurden schon genannt; es folgten solche für Mailand, Paris, Neapel, Mannheim **[Fig. 147]**. Die Construction ist im Princip der um 20 Jahre älteren von Ramsden, für Piazzi u. A., hergestellten Instrumente gleich, in der Durchführung aber unterscheiden sie sich von diesem durch die Säule als senkrechte Drehungsachse und die dadurch bedingte einseitige Lage des Kreises und des Fernrohres, durch Vermeidung der Röhrenspeichen und durch die Verniers-Ablesung. Der Kreis hat 3^f Durchmesser; das Fernrohr, von 4^f Länge, ist am Ocularende mit dem Alidadenkreise

fest verbunden, und der Biegungshebel am Objectivende ist deßhalb sehr nothwendig, wenn nicht, was wohl vorzuziehen gewesen wäre, auch dieses mit der Alidade verbunden werden sollte. Der Lagerdruck und die Biegung der Achse sind, soweit von außen möglich, durch zwei an der Säule angebrachte Gegengewichts-Hebel aufgehoben und der Schwerpunkt der drehenden Masse in die senkrechte Drehungsachse gebracht. Dem Instrumente Ramsden's gegenüber hat dieses den Vorzug des aus einem Stücke bestehenden Kreises, den Reichenbach im Vertrauen auf seine Theilmaschine kleiner wählen durfte, man vermißt aber die symmetrische Anordnung und die mikroskopische Ablesung. Liebherr's Zeichnung eines ähnlichen Instruments, die er als »großer Verticalkreis« bezeichnet, weist einige Abweichungen auf. Abgesehen von der anderen Aufstellung, ist z. B. der Kreis nicht zum Wiederholen eingerichtet, auch fehlen ihm die bei Reichenbach gewöhnlichen Querspeichen. Brioschi's[1]) Bild des Instruments in Neapel wird getreuer sein.

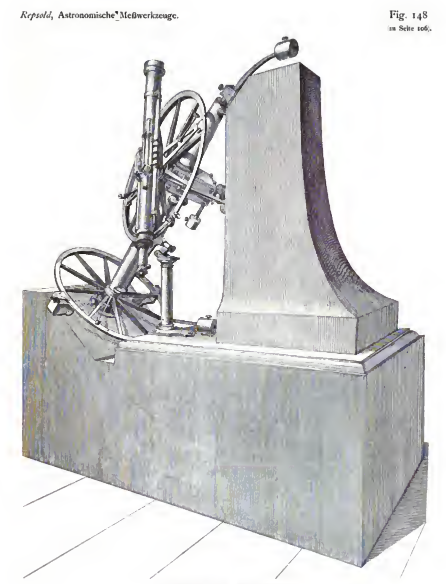
Aequatoreale sind nur wenige, z. B. für Ofen und Neapel, gebaut worden. Sie waren dem eben besprochenen Instrumente ähnlich angelegt, natürlich aber mit der langen Achse zum Pole gerichtet **[Fig. 148]**. Die hängenden Gegengewichte sind durch ein festes, oberhalb des oberen Lagers mitgeführtes Gewicht ersetzt, und die Kreise von 2' Durchmesser sind nicht zum Wiederholen eingerichtet. Das 2½-füßige Fernrohr muß recht unbequem zu benutzen gewesen sein.

Reichenbach scheint überhaupt für parallaktische Aufstellungen wenig Interesse gehabt zu haben und hat wohl nicht einmal die für den 7-zölligen Refractor in Neapel, die W. Struve ihm zuschreibt (Struve 1825, 1), selbst angegeben; denn sie ist nach der in Brioschi's Commentari astronomici, Napoli 1824—6, 16 ff., gegebenen Beschreibung (ohne Bild) fast eine Copie der von Cassini II. benutzten (oben S. 68) und hat daher denselben großen Mangel, zwischen Pol und Zenith nicht brauchbar zu sein. Jedenfalls wird man annehmen dürfen, daß Reichenbach nach seinem Ausscheiden aus der Firma Utzschneider, Reichenbach und Fraunhofer, um 1813, den Bau aller parallaktisch aufgestellten Instrumente, die zu den optischen gezählt wurden, ganz dem optischen Institute überlassen hat. — Uebrigens betrieb Reichenbach die geschäftlichen Beziehungen zu Fraunhofer auch nach der Trennung sehr zwanglos, ohne daß dies eben in einem sehr freundschaftlichen Verhältniß begründet war. Er giebt sich fortgesetzt als Kopf des Ganzen, und daneben muß doch Fraunhofer selbständig mit den Astronomen verhandeln, weil er von Reichenbach nicht genügend unterrichtet ist. Auf seine Thätigkeit muß jetzt näher eingegangen werden.

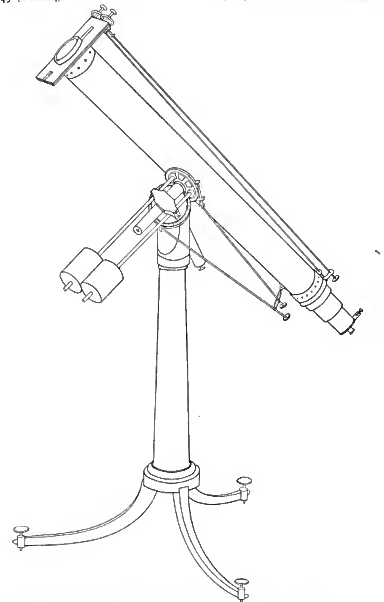
26. Fraunhofer.

Es ist bekannt, wie Fraunhofer, nach einer in kärglichen Verhältnissen verlebten Jugend und früh verwaist, sich während langer Lehrzeit bei einem Spiegelmacher nur mit eigener Energie und Hülfe eines Gnadengeschenkes des Königs Maximilian Joseph nothdürftige Kenntnisse erwerben konnte, doch aber einige Lehrbücher der Optik

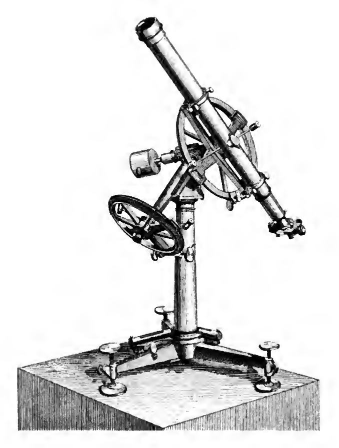
[1]) Carlo Brioschi, ? 1782 — Neapel 1833, Prof. astr.



Reichenbach's Aequatoreal,
nach Liebherr.



Fraunhofer's kleines Heliometer, 1815, nach einer Skizze Fraunhofer's.



Kleines Aequatoreal,

nach Liebherr.

bewältigen lernte und sich auf diesem Gebiete auszubilden suchte, wie dann Utzschneider auf ihn aufmerksam wurde und ihn 1807 mit Reichenbach's Zustimmung in das kürzlich in Benedictbeuern gegründete optische Institut aufnahm.

Fraunhofer ging mit großem Eifer an die ihm unerwartet gestellten neuen Aufgaben, war aber dabei wesentlich auf sich selbst angewiesen; denn Reichenbach hat sich um optische Sachen nie bekümmert, der alte Niggl war ein erfahrener Glasschleifer, aber er arbeitete nur nach Routine, und auch Guinand, der übrigens wesentlich für die Schmelzungen angestellt gewesen zu sein scheint, konnte ihm keinen Anhalt gewähren bei seinen Bestrebungen, die Formen der Linsen mit Berücksichtigung der Brechungsverhältnisse des verwandten Glases auf mathematischer Grundlage herzustellen. Spiegel waren von Utzschneider und Reichenbach einstweilen ausgeschlossen (Merz, 7). Fraunhofer selbst sagt in einem Briefe vom 8./10. 1822 an Schumacher, er habe seit 14 Jahren die optischen Theile für alle Instrumente Reichenbach's ohne fremden Rath und Hülfe gemacht, und dem widerspricht wohl nicht wesentlich, wenn (nach Merz) Liebherr ihm bei der Herstellung neuer Schleif- und Polirmaschinen behülflich gewesen ist. Im Jahre 1809 wird in Benedictbeuern eine besondere optische Werkstatt unter Fraunhofer's Leitung eingerichtet. Zwei Jahre später übernimmt Fraunhofer auch die Aufsicht der Schmelzungen, und schon 1812 ist der Refractor für Neapel von 9^f Brennweite und $7^1/_4{}^z$ Oeffnung gelungen.

Das im Laufe des Jahres 1813 von Gauss noch bei Reichenbach bestellte Heliometer brachte schon, nach dem inzwischen erfolgten Austritte Reichenbach's aus dem optischen Institute, Fraunhofer zur Ausführung, und darüber beginnt der Briefwechsel zwischen Gauss und Fraunhofer. Es liegen leider, wie erwähnt, nur die Briefe Fraunhofer's vor; der erste ist vom 17./5. 1814, er meldet die Vollendung des Heliometerrohres und bringt eine Skizze der parallaktischen Aufstellung dazu **[Fig. 149]**. Ueber diese war zwischen Gauss und Reichenbach noch nichts vereinbart worden, und Fraunhofer bezieht sich offenbar auf die ältere, vielleicht nach seiner Angabe für den Refractor in Neapel ausgeführte, wenn er sagt (2./8. 1814), »da bei gewöhnlich »parallactischer Aufstellung größerer Fernrohre, bei unverrücktem Fuß, immer ein »großer Raum im Norden ungesehen bleiben muß, so bin ich von dieser etwas abgewichen«.

Er nimmt in diesem Falle, wie Scheiner, eine excentrische Lage des Fernrohres am Ende der Declinationsachse an und legt die Declinationsbüchse über das Ende der Stundenachse. die sich in einer geschlossenen Büchse dreht. Von einer der 1816 veröffentlichten, meist Reichenbach nachgebildeten Zeichnungen Liebherr's **[Fig. 150]** unterscheidet sich Fraunhofer's Skizze durch die Lage des Stundenkreises oben, durch Gewichtsaufhebung der Declinationsachse, durch lange Schlüsselführung beider Feinstellungen und auch in der Form des Stativs. Da Fraunhofer von dieser Zeichnung 1814 nicht spricht, so muß man annehmen, daß er sie nicht kannte; aber es scheint ein gewisser Zusammenhang zwischen diesen beiden Zeichnungen zu bestehen. Die von Liebherr gegebene ist die einfachere, unbequemere und daher vermuthlich ältere; vielleicht die, von welcher Reichenbach 21./10. 1816 an Bessel schreibt (oben S. 98). Aus Reichenbach's dort wiedergegebenen Worten ist nicht sicher zu erkennen, ob er früher schon Heliometer hergestellt hatte; es ist nichts darüber bekannt geworden. Auch der

eigentliche Leiter der mechanischen Arbeiten im optischen Institut nach dem Austritte Reichenbach's, dessen Schüler Blochmann[1]), scheint an dem Heliometer keinen Antheil zu haben; von ihm ist nie die Rede, und man gewinnt aus Fraunhofer's Briefen ganz den Eindruck, daß er selbst schon zu dieser Zeit (um 1814) auch den mechanischen Theil des Betriebes in der Hand hatte, obgleich Blochmann erst 1818 das optische Institut verließ, das dann im folgenden Jahre nach München verlegt wurde. In Bezug auf Theilungen blieb Fraunhofer wahrscheinlich auf die Hülfe Liebherr's angewiesen; aber es ist anzunehmen, daß er im Uebrigen das Heliometer **[Fig. 151]** selbständig durchgeführt hat, natürlich mit Kenntniß der früheren. — Er bewegt die beiden Objectivhälften unabhängig je durch eine vom Ocular her bewegliche Schraube, um die Methode des Repetirens anwenden zu können, und zwar dienen die mit Theilscheiben versehenen Schrauben selbst zur Messung. Damit die Zahnräder, welche die Bewegung der langen Handschlüssel auf die Schrauben übertragen, diese nicht beeinflussen, gehen sie auf besonderer Achse und nehmen die Schrauben durch einen Stift mit; die Einrichtung ist dadurch etwas complicirt geworden zu Gunsten der hier gewiß nicht zweckmäßigen Wiederholung.

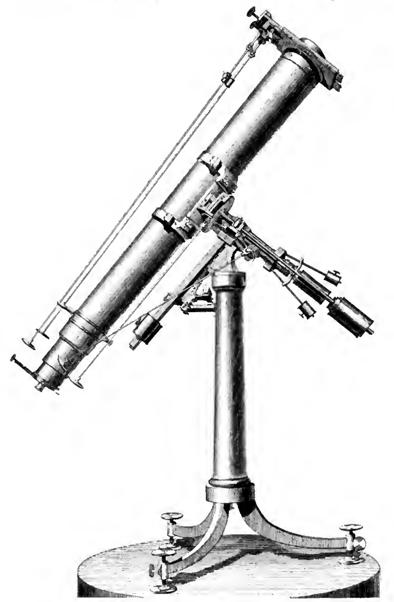
Im Jahre 1815 wird das Stativ zu dem Heliometer fertig. Fraunhofer hatte die größte Sorgfalt auf die Construction verwandt, ist in Bezug auf Corrections- und Gegengewichts-Vorrichtungen sogar zu weit gegangen und empfindet dies selbst; denn er will das Heliometer für Olbers[2]), das in Arbeit ist, einfacher gestalten. In seinem Bestreben, Alles möglichst gut zu machen, schleift er auch für Gauss aus freiem Antriebe ein neues Objectiv, weil das erste sich beim Durchschneiden verändert hat. Erst Ende 1817 geht der Kopf des Heliometers nach Göttingen zurück, während Olbers sein Instrument Mitte 1815, Lindenau ein gleiches Mitte 1817 erhalten hat.

Bis Anfang 1820 hat Fraunhofer das Objectiv zum »großen Refractor« für Dorpat (und noch zwei gleiche) hergestellt, mit dem er das Journal de Paris in 700^f Entfernung liest; das Stativ ist noch in Arbeit, »es konnte aus Mangel an Arbeitern und wegen »vielen Bestellungen lange Zeit nicht fortgearbeitet werden« (F.-Gauss 30./5. 1820). Es währte noch lange, bis Alles fertig wurde; erst im August 1824 konnte das vielbewunderte Werk in München ausgestellt werden (Merz, 15) **[Fig. 152$^{a, b}$]**. Aber es war auch eine Arbeit, deren Schwierigkeit man jetzt, an die mehrfach größeren Refractoren gewöhnt, leicht zu unterschätzen geneigt ist, und für Fraunhofer, dem freilich, nach Merz[3]), auch hier »Liebherr eine wesentliche Stütze« war, mußte sie um so schwieriger erscheinen, als Beide nur wenig Erfahrung in größeren Constructionen hatten. Es finden sich in der Aufstellung dieses Refractors von 9^z Oeffnung und 13$^1/_2$^{f} Brennweite (Struve 1825) einige Anklänge an Reichenbach und Liebherr, z. B. in der Form des hölzernen Stativs, der Lagerung der Stundenachse, den Hebeln am Fernrohr; aber es bleibt doch großentheils ein selbständiges Werk Fraunhofer's bis auf das Uhrwerk, das auf Liebherr zurückzuführen sein wird. Charakteristisch für die Aufstellung dieses Refractors ist das kegelförmig verlaufende Holzfernrohr in einem muldenförmigen Kopfe der Declinationsachse, dessen Ocularende wesentlich kürzer ist, als das Objectiv-

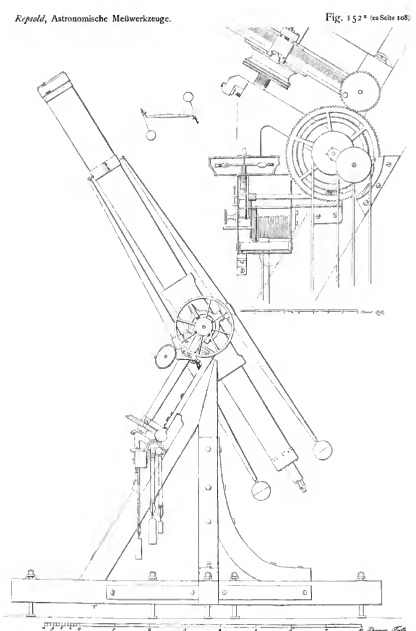
[1]) Rudolf Sigismund Blochmann, Reichstädt bei Dippoldiswalde 1784 — Dresden 1871.

[2]) Heinrich Wilhelm Matthias Olbers, Aarbergen bei Bremen 1758 — Bremen 1840.

[3]) Sigmund Merz, München 1824.

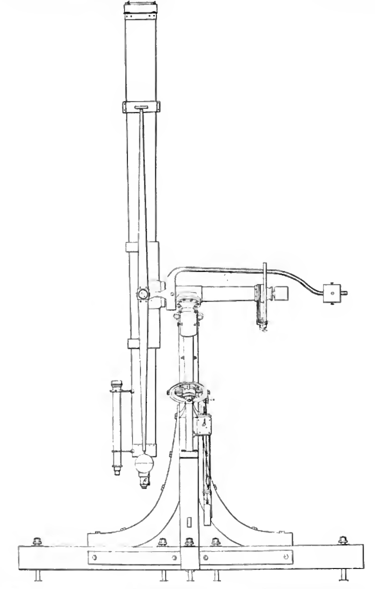


Fraunhofer's 3'-Heliometer, 1815, nach Fraunhofer.

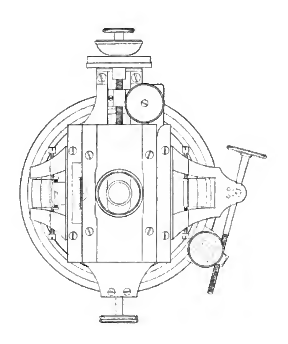


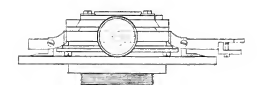
Fraunhofer's 9''/13 ½ f-Refractor, 1824, nach W. Struve, Beschreibung des Refractors in Dorpat.





Fraunhofer's 9ᶻ/13½ᶠ-Refractor, 1824, nach W. Struve, Beschreibung des Refractors in Dorpat.





Fraunhofer's Positions-Mikrometer,

ca. $^{2}/_{3}$ nat. Gr.

ende; das Uebergewicht dieses Endes und ein Theil seiner Biegung wird durch zwei Gegengewichtshebel aufgehoben, die mit Compaßgelenken an den Armen eines gemeinsamen, die Declinationsbüchse frei umfassenden Gegengewichtshebels hängen und sich auf derselben wieder an einem Ringe mit Gelenken drehen Die Büchse der Declinationsachse ist ganz geschlossen, hat aber nur zwei Lagerringe an den Enden und trägt an dem von dem Fernrohre abgekehrten Ende den Vernier eines 20-zölligen, von 10′ zu 10′ getheilten Kreises, sowie einen Arm, der durch eine Stellschraube mit einer auf dem Kreise schleifenden Klemmbacke verbunden ist; ein langer Gelenk-Schlüssel führt von der Schraube zum Ocular. Die Stundenachse liegt in zwei auf dem Stativ befestigten Lagern und trägt am unteren Ende einen 13-zölligen Kreis mit Theilung in Zeitminuten und mit Gang ohne Ende für die durch das Uhrwerk zu treibende Scheibe, die ausgelöst werden kann. Das Uhrwerk hat als Regulator zwei rundlaufende Pendel, deren Ausschlag bei richtigem Gange durch eine umschließende Kapsel begrenzt wird. Die Reibung nimmt mit der überschüssigen Kraft zu und wirkt einer Beschleunigung in beschränktem Maaße entgegen Um das etwas schwache Uhrwerk zu schonen, ist an der einen der Wellen zwischen der Schraube und dem Pendel eine Schnurscheibe mit ablaufendem und an einer Kette (nach Art der Schwarzwälder Uhren) aufzuziehendem Vorspanngewichte angebracht, das genügt, um den mittleren Widerstand der Stundenachse zu überwinden. Das Treibgewicht des eigentlichen Uhrwerks hat dann nur die vorkommenden Unterschiede auszugleichen. Da ein Treibwerk um so vollkommener gehen wird, je kleiner diese Unterschiede im Verhältniß zur vollen Treibkraft sind, so wäre es richtiger gewesen, das Uhrwerk selbst um die Wirkung des Vorspannes zu verstärken.

Das Positions-Mikrometer ist verhältnißmäßig klein gebaut und kann mit Gewinde leicht angesetzt und abgenommen werden **[Fig. 153]**. Es besteht aus zwei zwischen Schrägleisten geführten Schlitten, je mit einem Faden, von denen der eine durch eine Mikrometerschraube, der andere durch eine Schraube gleicher Steigung, aber ohne Trommel, bewegt wird. Die Umgänge der Mikrometerschraube sind an einer geraden Scala abzulesen (nicht durch Zählscheibe). Das Ocular ist durch ein Trieb beweglich. Eigenartig ist die Beleuchtung der Fäden durch weite Oeffnungen von hinten her, wodurch die Fäden weiß auf dunklem Grunde erscheinen. Die zwischen den Oeffnungen nothwendigen Ueberbleibsel des hohlen Zapfens, um den die beiden Lampen sich drehen, sind aber oft störend, und die Lampen haben eine unangenehme Neigung überkopf zu gehen. Dieses Mikrometer ist indeß viele Jahre als mustergültig angesehen worden.

Fraunhofer lieferte zum Dorpater Refractor noch ein Kreis- und ein auf Glas geschnittenes Netz-Mikrometer.

Ende 1824 und Anfang 1825 verhandelt Fraunhofer mit Bessel wegen eines Heliometers von 70ˡ Oeffnung bei 8ᶠ Brennweite. Bessel wünscht Schiebung der Objectivhälften auf Cylinderflächen, Fraunhofer glaubt indeß, daß das »nicht mit Genauig»keit ausgeführt werden kann«. Im Uebrigen hält er ein Heliometer dieser Größe für sehr wohl ausführbar, meint aber »wenn es meinem Wunsche nach geht, so ist Ihr »Heliometer das letzte, welches ich mache« (5./11. 1824). Fraunhofer hatte von den früheren Heliometern wahrscheinlich zu viel Mühe und Aergerlichkeiten mit Utzschneider wegen des Preises gehabt.

Die beiden Hälften des Objectivs sind je um 56', unabhängig von einander, nach jeder Seite zu bewegen. Die Einrichtung des Rohres (Holz) ist ähnlich wie bei den kleineren Heliometern, doch sind die Schieber mit Theilungen versehen, so daß die Abstände auch an diesen gemessen werden können. Der Objectivkopf und das Ocular, das sich in gleichem Maaße wie die Objectivhälften verschieben läßt, sind unabhängig von einander drehbar und haben beide einen auf 1' ablesbaren Positionskreis. Die parallaktische Aufstellung ist der des Refractors in Dorpat ganz ähnlich (A. N., **8**, 402) **[Fig. 154]**.

Ungefähr um dieselbe Zeit hatte Fraunhofer die Freude, daß sein König einen Refractor von 12" Oeffnung bestellte; er schreibt im Juli 1825 an Struve, er sei mit der Construction der mechanischen Theile fertig, er glaube, wesentliche Verbesserungen erreicht zu haben, ohne das Instrument complicirter zu machen, als das Dorpater.

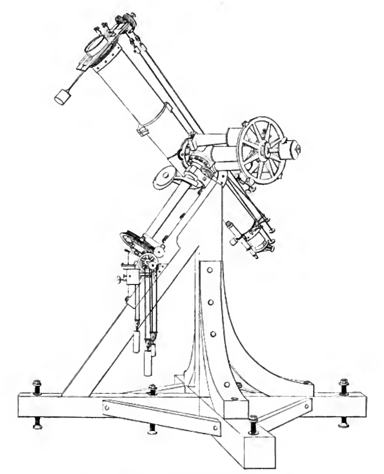
Es war Fraunhofer nicht vergönnt, diese beiden größten von ihm übernommenen Arbeiten zu vollenden. Am 26./1. 1826 schreibt er an Schumacher: »Seit 4 Monaten »bin ich einer Brustkrankheit wegen, in den Händen der Aerzte. Obschon meine »Krankheit ohne Gefahr seyn soll, so muß ich doch aus dem bisherigen Gange der»selben schließen, daß ich sie vor dem Eintritt der besseren Jahreszeit nicht los werde »oder daß vielleicht dann erst die eigentliche Cur anfängt. Zwey Aerzte wollten, daß »ich den Winter im südlichen Italien zubringe. Allein da ich Niemand habe, der »mein Geschäft einiger Maßen fortführen könnte und dadurch so großer Schaden »entstünde, daß ich ihn nach mehreren Jahren erst wieder reparirt haben könnte; so »konnte ich mich zu dieser kostspieligen Reise nicht entschließen; sie wäre in der »rauhen Jahreszeit auch nicht ohne Gefahr gewesen, da mir z. B. schon das corrigiren »eines Fernrohres an einem offenen Fenster neuerdings ein Fieber zuzog. Ich muß »nun die Zeit im Bette zubringen und von hier aus meine Arbeiter beschäftigen, was »um so schwerer ist, da ich mich auch des Sprechens so viel, wie möglich, enthalten »muß.« Erst am 7. Juni d. J. hatte der bedauernswerthe Kranke ausgelitten. Spätere Briefe liegen nicht vor; aber dieser letzte ist traurig genug. Ertel schreibt an Struve (11./8. 26): »Er starb als ein wahrer Märtyrer.«

Vierzehn Tage früher war auch Reichenbach gestorben, nachdem er seit 1824 in Folge eines Unfalles allmählich zunehmendem Siechthum verfallen war. Da er schon vor Jahren Ertel in die Leitung seiner Werkstatt mit gutem Erfolg eingeführt hatte, so war hier wenigstens für einen ungestörten Fortgang gesorgt. Eine Ersetzung Fraunhofer's in seiner praktischen Thätigkeit hatte nicht in gleicher Weise vorgesehen werden können, aber auch hier war die Wahl der Nachfolger eine günstige; die Leitung der optischen Arbeiten übernahm Georg Merz[1], die der mechanischen Mahler[2]; sie haben bekanntlich viele Jahre mit einander erfolgreich gearbeitet.

Es ist betrübend zu sehen, wie Fraunhofer trotz der größten Anerkennung, die ihm von allen Seiten für seine Leistungen, und zwar nicht minder für seine praktischen Erfolge, als für theoretische Förderung der Optik, gezollt wurde, sich in gedrückter, unerfreulicher Lage befand. Bei Gelegenheit der Uebersendung der Kupferplatten für Struve's Beschreibung des Dorpater Refractors bittet er Schumacher (17./2.

[1] Georg Merz, Benedictbeuern 1793 — München 1867.

[2] Franz Joseph Mahler, Staufen im Allgau 1795 — München 1845.



Fraunhofer's $70^{l}/8^{f}$-Heliometer, 1826,

nach Astron. Nachr. **8**, 397.



1825), den Preis des Refractors nicht, wie Struve beabsichtigt, zu nennen, und das scheint ihm Anlaß zu geben zu lang verhaltenen Klagen. Fraunhofer hatte den Anfangs genannten Preis nicht allzu sehr überschreiten wollen. Aber »ohngeachtet Hr. v. »Utzschneider die eignen Auslagen nicht wissen konnte, so hatte ich doch mit ihm »einen sehr großen Kampf zu bestehen, daß nicht, wie er es wollte, ein höherer Preis »für das Instrument angesetzt wurde. Daß dennoch er sich der Generosität rühmt »und auch dabey mich die Rolle eines Subordinirten spielen läßt, entspricht ganz seinem »Karakteur, und ist nicht neu. Wollte ich alle ähnlichen Intriguen ahnen, so würde »die optische Anstallt bald in Trümmer gehen, und somit auch die Werkstätte von Ertel. »Es vergeht fast keine Woche, wo ich nicht, zum Beßten beider Anstalten, Opfer »dieser und anderer Art bringen müßte. So hatte z. B. ich unlängst erst einen ernst- »lichen Wortwechsel mit Reichenbach darüber, daß ich auf die Perspective, die ich zu »den Instrumenten für Ertel mache, auch das Firma des optischen Institut setze, was »ersterer, ohngeachtet er an Ertel's Werkstätte keinen Antheil mehr hat, auf jede Art »zu verhindern sucht. Die Absicht spricht (sich?) sehr deutlich aus. Obschon jede Last »und Sorge ganz allein auf mir liegt, und seit dem Beginnen des optischen Instituts »lag, und ohngeachtet keiner dem, was ich leiste auch nur seine Aufmerksamkeit »schenkt, so sucht doch der eine mir die Ehre zu schmälern, der andere mir Ehre »und Geld zu entziehen. So lange Reichenbach seine mechanische Werkstätte hatte »und meiner bedurfte, wurde ich wenigst persönlich geschont; allein jetzt wo Ertel »allein diese Werkstätte hat, handelt ersterer ungenirt und vielmal nicht so, wie ich, der »gewiß auch Antheil an der Vollkommenheit seiner Instrumente hatte, es bilig erwarten »durfte. Da Reichenbach krank ist und noch lange Zeit als krank wird betrachtet werden »müssen, so muß ich ihn möglichst schonen, und daher treffen mich die Nachtheile »dieser und anderer Widerwärtigkeiten, welche in ihren Folgen viel nichtiger sind, »wieder ganz allein. Wenn Sie in Zukunft vielleicht einmal hören sollten, daß die »Geduld mir zu Ende ging, so werden Sie aus den angeführten Kleinigkeiten schon »schließen können, daß es nicht ohne Grund geschah.« Weiterhin sagt Fraunhofer, er habe sich mit der Idee beschäftigt, »der vielen Widerwärtigkeiten wegen, die prak- »tische Optik aufzugeben« und deßhalb vor 1½ Jahren eine besoldete Anstellung bei der Akademie angenommen; nach einer neuen Einrichtung werde ihm aber eine große Anzahl zum Theil unnützer Arbeiten aufgegeben, und er habe darum seine Versuche über die Gesetze des Lichtes aussetzen müssen ... »Man hat hier für diese Ver- »suche wenig oder vielmehr keinen Sinn. So hat z. B. Reichenbach, von dem man »billig Antheil erwarten sollte, dasjenige, was ich seit 5 Jahren schrieb und bekannt »machte, wie er mir selbst sagt, gegenwärtig noch nicht gelesen.«

Wie sehr ist es zu beklagen, daß jene drei Männer sich nicht besser verstanden, die sich so glücklich hätten ergänzen können! Der Mann der That, der Erfindung und Erfahrung, der der stillen Forschung und unermüdlichen Arbeit, von dem ein Gauss sagt (Briefwechsel Gauss-Bessel, 240): »und er ist gewiß ganz frei von Charla- »tanerie und Prahlerei«, und der findige Geschäftsmann. So aber stand der empfindliche, schwächliche Fraunhofer, in seinem Drange, das Beste zu erreichen, ohne Schonung seiner kärglich bemessenen Kräfte und ohne Rücksicht auf Gewinn zwischen dem kernigen, durch große Erfolge verwöhnten und von Eifersucht nicht ganz freien Reichenbach,

der den Offizier nie ganz verleugnen konnte, und dem Geschäftsmanne, der unter allen Umständen auf klingenden Erfolg sah und bei der Eigenart seiner Genossen auch wohl sehen mußte — ein weicher Stein zwischen zwei härteren. Fraunhofer mag auch von wenig glücklicher Naturanlage gewesen sein, die es ihm erschwerte, sich in die ihm Anfangs ungewohnte günstigere Lebenslage mit ihren ihm neuen Formen und Anforderungen einzuleben; man glaubt aus seinen Briefen einen liebenswerthen, edlen Menschen zu erkennen, dem es aber nicht vergönnt gewesen ist, lachen zu lernen.

27. Joh. Georg Repsold.

Neben Reichenbach und Fraunhofer arbeitete in gleicher Richtung, aber in bescheidenerem Maaße, seit Anfang des Jahrhunderts Johann Georg Repsold. Geboren 1770 als Sohn eines Predigers in Wremen an der Wesermündung[1]), wurde er vom Vater für den geistlichen Beruf bestimmt und auf die lateinische Schule in Stade gegeben. Er verließ aber die Studien, fand im nahen Cuxhaven Anstellung beim Wasserbau unter Woltman[2]), der ihn 1788 als seinen »mathematischen Schüler und Zeichner« anführt, und kam 1795 als städtischer Landmesser nach Hamburg. Schon als Knabe hatte er sich gern mit mechanischen Arbeiten beschäftigt. Er war auch später bemüht, sich während seiner Freistunden darin weiter auszubilden, und als er 1799 mit dem Amte eines »Sprützenmeisters« (man würde jetzt sagen: eines Branddirectors) der Stadt Hamburg die damit verbundene Werkstatt für die Herstellung der Löschgeräthe übernahm, richtete er sich auch für genaue mechanische Arbeiten ein. Der Verkehr mit Horner[3]), der um diese Zeit nach Hamburg kam, scheint Repsold's Thätigkeit auf astronomische Instrumente gelenkt zu haben. Er vollendete 1801 ein kleines Durchgangs-Instrument von 8z Achsenlänge, mit geradem Fernrohre, auf hohem Messingstativ und dazu ein sehr empfindliches Niveau (Gilbert, **9**, 373). Er machte damit, unter Horner's Anleitung, befriedigende Beobachtungen, gab es diesem dann mit auf seine Reise um die Erde unter Krusenstern[4]) und baute sich selbst ein größeres, und zwar von 7—8f Brennweite **[Fig. 155]**. Im Allgemeinen nahm Repsold dabei die Form der englischen Instrumente an; doch liefen die Gegengewichts-Rollen nahe dem Würfel unter der Achse, die Achsenzapfen waren von Glockenmetall (der geringeren Oxydation wegen) und gingen in Lagern von Bergcrystall, die Klemmung geschah am Kreise, und die Umlegung der Achse konnte durch einen unterzufahrenden Hebebock bewirkt werden. Repsold hatte aber die Achse auch mit einem 3½-füßigen Theilkreise versehen, der durch ein am Zapfenlager befestigtes Mikrometer-Mikroskop abzulesen war und dessen Nullpunkt durch das Nivelliren eines zwischen zwei Speichen angebrachten Cylinders festgestellt wurde. Dadurch machte er sein Instrument zu einem Meridiankreise, und zwar war es, abgesehen von dem früheren, nicht zur Ausführung gelangten Versuche in Göttingen (oben S. 103),

[1]) In demselben Amte stand 1615 ein Andreas Struve und ein 1648 verstorbener Christian Olbers.
[2]) Reinhard Woltman, Axstedt in Hannover 1757 — Hamburg 1837, Wasserbau-Director.
[3]) Johann Kaspar Horner, Zürich 1774 — 1834, Prof. math.
[4]) Adam Johann von Krusenstern, Haggud (Esthland) 1770 — Ass (Esthland) 1846.



J. G. Repsold's Meridiankreis, 1802, renovirt 1817, mitgetheilt von W. Schur.



der erste nach Römer's Rota meridiana. Ob dies eine bewußte oder unbewußte Nachbildung war, läßt sich nicht ermitteln; Gauss schreibt aber 1818 (Zach, **2**, 56): — »qu'il »(le cercle meridien de Repsold) a été construit sur des idées tout-à-fait neuves et »originales de l'incomparable artiste,« und man darf annehmen, daß er darüber unterrichtet war.

Repsold hatte sich eine kleine Sternwarte auf dem Stadtwall hergerichtet, stellte sein Werk dort auf und beobachtete daran von 1803 ab (M. C. **22**, 499, 581). Natürlich fand er, da er ohne alle sachverständige Anleitung und ohne nur ein größeres astronomisches Instrument gesehen zu haben, gearbeitet hatte, Vieles nachzubessern; besonders war er auch lange bemüht, ein besseres Objectiv herzustellen, und machte dazu Glasschmelzungen und Brechungsbestimmungen, auf Grund derer Gauss ihm die Krümmungsradien angab. Es wurden Objective verschiedener Brennweite an dem Instrumente benutzt, und daher konnte Schumacher, indem er, wie es oft geschieht, das Instrument als »Kreis« bezeichnete, das Maaß aber nach der Fernrohrlänge angab, (M. C. **22**, 499) von »Repsold's Beobachtungen mit seinem fünffüßigen ganzen Kreise« sprechen; es wird eben damals (23./10. 1810) ein 5-füßiges Objectiv in Gebrauch gewesen sein, der getheilte Kreis ist immer derselbe 3½-füßige gewesen.

Für seine in Gemeinschaft mit Schumacher, der sich 1809 in Altona niederließ, wieder aufgenommenen Meridian-Beobachtungen hatte Repsold sich auch eine Pendeluhr hergestellt, und als Bessel diese, die er »der alte Stolz meiner Sternwarte« nennt (Repsold-B. 16./10. 1825), 1810 ankaufte, wurden mehrere andere gemacht; eine derselben kam an die Sternwarte in Dorpat, eine andere nach Zürich, und eine blieb an der Sternwarte in Hamburg.

Repsold's Sternwarte hatte 1812 in Folge der Occupation Hamburgs durch die Franzosen abgebrochen werden müssen; der dadurch außer Gebrauch gestellte Meridiankreis aber wurde 1815 von Gauss für seine Sternwarte angekauft. — Vor der Ueberlieferung waren einige Aenderungen vorzunehmen, besonders eine Neutheilung des Kreises, die Repsold selbst für nöthig hielt, die ihm aber, da er keinen erschütterungsfreien Raum zur Verfügung hatte und mit Stangenzirkeln arbeitete, unendliche Mühe machte. Auf Gauss' Wunsch wurden auch noch zwei Mikroskope in je 90° Abstand von dem bisherigen einzigen, das im tiefsten Punkte stand, eingeführt, und Repsold ersetzte die Lager von Bergcrystall durch solche von Messing. Es ist auffällig, daß Repsold sowohl, wie auch Gauss, Anfangs zweifelhaft waren, ob es nicht richtiger sei, statt der Mikroskope auf Verniers zurückzugehen (wohl auf Reichenbach's Autorität hin). Gauss fürchtete, das Ablesen der Mikroskope werde zu viel Zeit nehmen und die Schrauben möchten ihre Vollkommenheit durch den Gebrauch verlieren; Repsold machte darauf aufmerksam, daß man mit der Beleuchtung der Theilung vorsichtig sein müsse, weil durch einseitiges Auffallen des Lichtes Fehler entstehen könnten. Zum Glück blieb es doch schließlich bei den Mikrometer-Mikroskopen, die an dem einen Lagerstücke der Achse je mit zwei Spitzenschrauben gehalten, am Kreise aber durch leichte Rollen geführt wurden, damit der Abstand von der Theilung für alle Fälle unverändert blieb. Wenn die Achse umgelegt wurde, so mußten die Mikroskope von einem Lager zum andern versetzt werden. — Erst im April 1818 konnte der Meridiankreis in Göttingen aufgestellt werden.

Repsold war schließlich mit seinem Werke nicht recht zufrieden; schon am 12./1. 1815 hatte er Gauss geschrieben: »aber ich fürchte, daß er (der Meridiankreis) sich für Ihre »Sternwarte jetzt nicht mehr eignet, weil die Reichenbach'schen Kreise ohngleich voll»kommner seyn werden«. Dennoch hat sich die Grundlage seiner Construction, namentlich in der Anwendung der an den Pfeilern befestigten Mikrometer-Mikroskope und der wenn auch noch ungenügenden Rücksicht auf Umlegung, als der Reichenbach-schen überlegen erwiesen.

Vor 1818 baute Repsold für Schumacher ein kleines Durchgangs-Instrument von 18l Oeffnung, 24z Brennweite mit 36-maliger Vergrößerung des geraden Fernrohres, gebrochenem Ocular und Feldbeleuchtung durch eine Lampe auf besonderem Stativ; der hohe Lagerbock war von Bronceguß. Es folgten später ähnliche für dänische Vermessungen und für Bessel **[Fig. 156]**.

Die üblen Erfahrungen, die Repsold mit der Theilung seines Meridiankreises gemacht hatte, veranlaßten ihn, noch Ende 1818 die Arbeiten für eine Kreis-Theilmaschine von 1,24m Durchmesser zu beginnen. Als Theilungs-Verfahren nahm er das Mayer'sche in Umkehrung an, und zwar in der Weise, daß er die abwechselnd gegenseitige Verschiebung des Reißerwerk-Trägers und eines Hülfsbogens durch fein verstellbare Anschläge begrenzte, die gegen »Fühlniveaux« wirkten. Diese sehr empfindliche Meßvorrichtung beschreibt Bessel, der sie 1826 kennen lernte, zutreffend als den »Repsold'schen mit einer Wasserwage versehenen Fühlhebel« und nennt sie »das schärfste Messungsmittel, welches wir jetzt kennen« (Darstellung der Untersuchungen u. Maßregeln etc, Berlin 1839, S. 10). — Die Theilmaschine war 1821 fertig bis zur Theilung; diese in seinen ungenügenden Räumen zu unternehmen, wagte Repsold aber nicht. Später, als ihm bessere in der 1825 erbauten Sternwarte zur Verfügung standen, überführte er die Theilmaschine dorthin. Er hatte auch die Theilung begonnen, wurde aber durch den Tod verhindert, sie zu Ende zu führen. Die Theilmaschine ist, 1835 von Adolf Repsold[1]) vollendet, noch jetzt in Gebrauch.

Im Jahre 1818 lernten sich Repsold und Reichenbach in München persönlich kennen; sie verkehrten freundschaftlich mit einander, ohne sich indeß näher zu treten. Sie waren wohl beide zu selbständige Naturen, um sich leicht anzuschließen.

Bei Gelegenheit einer Reise, die Repsold 1819 mit Schumacher nach London und Paris unternahm, lernte er auch die dortigen Sternwarten und Werkstätten kennen. Er schreibt darüber an Horner (22./6. 1820): »Die Einrichtung der (Greenwicher) Stern»warte hat mir so wenig wie die großen sich schwer zu bewegenden Instrumente gefallen. »Ich glaube, daß man mit viel kleineren Instrumenten, wenn sie vortheilhaft einge»richtet sind, mehr leisten kann. . . . Die englischen Künstler der astronomischen Instru»mente haben mir nicht sonderlich gefallen; ihre Werkstellen sind im ganzen schlecht, »und vortheilhafte Einrichtungen habe ich bey ihnen nicht gesehen, von denen ich Ge»brauch machen möchte.« In Paris sah Repsold bei Fortin einen 6-füßigen Kreis in Arbeit, Fortin erklärte ihm eingehend die »Theilungs-Manir, die, kostbar an Vorrich»tung, viele Zeit erfordert und wegen Dehnung der Metalle nicht zuverlässig ist«.

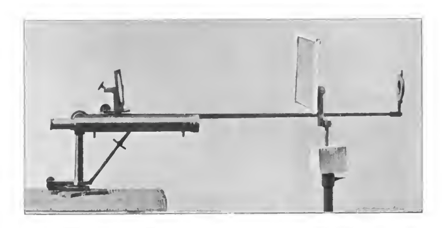
Im Winter auf 1820 ließ Repsold Schumacher's Basis-Meßapparat ausführen, über

[1]) Adolf Repsold, Hamburg 1806—1871.

Fig. 156
(zu Seite 114).



J. G. Repsold's kleines Durchgangs-Instrument, um 1818,
mitgetheilt von Herrn General-Lieutenant Zachariae, Kopenhagen.



J. G. Repsold's Heliotrop, 1820,

mitgetheilt von Herrn General-Lieutenant Zachariae, Kopenhagen.

den Schumacher ausführlich berichtet (Schreiben an Olbers, Altona 1821). Es wurden drei vierkantige Eisenstangen von je 12 par. Fuß Länge dabei verwandt mit vorgelötheten Stahlplatten, von denen je die eine plan, die andere kugelförmig polirt war, und mit zwei eingelassenen Thermometern. Jede Stange war von einem Holzkasten umschlossen, der sie in zwei Messinglagern nahe den Enden trug; die Durchbiegung wurde durch zwei je etwa ein Drittel der Länge von den Enden wirkende Gegengewichts-Hebel mit Rollen aufgehoben. Durch einen Handhebel ließ sich die Stange in den Lagern leicht verschieben, doch wurden die einander gegenüberstehenden Enden zweier Stangen nicht mit einander in Berührung gebracht, sondern sich (nach Reichenbach) nur bis auf einen Abstand von wenigen Millimetern genähert, der durch einen Glaskeil gemessen wurde. Die Stangen wurden auf Holzböcken, die durch Schrauben an Klammern einen beträchtlichen Spielraum in der Höhe und auch seitwärts gestatteten, stets nach einem Niveau horizontal und nach einem fern aufgestellten Durchgangs-Instrument in die Basis eingerichtet. Reichten die Höhenstellungen der Böcke bei geneigtem Terrain nicht mehr aus, so wurde ein Apparat benutzt, den Schumacher »Ablöthungs-Cylinder« nennt (später wurde er meist als Absetz-Cylinder bezeichnet) und dessen Erfindung er für sich in Anspruch nimmt. Es war dies ein gut bearbeiteter Glockenmetall-Cylinder, an beiden Enden in Spitzen von ca. 80° auslaufend, der oben an dem Kasten der höher liegenden Stange in einem seitlich verschiebbaren Halsringe gehalten wurde und mit seiner unteren Spitze auf einer Platte ruhte, die von dem Kasten der unteren Stange getragen wurde und zwischen drei Schrauben horizontal verstellbar war. Auf dem oberen Ende dieses Cylinders war ein feines Niveau befestigt, nach dem der Cylinder senkrecht gerichtet wurde. Die Haltungen der Cylinder waren so angebracht, daß sie ihn mitten vor die Stangen brachten, und es wurden beide Stangen von entgegengesetzter Seite so nahe gegen den Cylinder eingerichtet, daß dessen Abstand von den Stangenenden mit dem Glaskeil zu messen war. Ein längerer Cylinder wurde in ähnlicher Weise benutzt, um die täglichen Endpunkte festzulegen; die untere Lagerplatte befand sich dann an einem Eisenbolzen, der in das Erdreich getrieben wurde.

Auf Schumacher's Wunsch nahm nicht nur Repsold, sondern auch Gauss an der Messung der Braacker Basis Theil. Bei dieser Gelegenheit sprach Gauss über seinen glücklichen Gedanken, trigonometrische Signale durch reflectirtes Sonnenlicht herzustellen, mit Repsold und bat ihn, sich die Ausführung zu überlegen. Repsold hat indeß mit Gauss darüber nicht weiter verhandelt, vermuthlich weil er hörte, daß Gauss in Göttingen schon ein Heliotrop herstellen ließ. Aber für Schumacher baute er auf selbständiger Grundlage Heliotrope, die sich durch große Einfachheit und Zweckmäßigkeit auszeichnen **[Fig. 157]**. Er selbst schilderte Baeyer[1]) bei Gelegenheit eines Besuches den kleinen Apparat in seiner ursprünglichen Form mit den Worten (Instrk. 1897, 6): »Nehmen Sie doch ein Brettchen und stellen an dem einen Ende einen »Spiegel auf, der um eine verticale und um eine horizontale Achse drehbar ist, so »daß er in eine jede Ebene gebracht werden kann. In der Mitte des Spiegels machen »Sie ein kleines Loch und stellen am anderen Ende des Brettchens ein Fadenkreuz

[1]) Johann Jakob Baeyer, Müggelheim bei Köpenick 1794 — Berlin 1885, Generallieutenant.

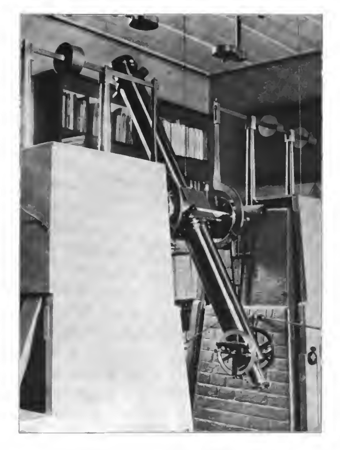
»auf. Richten Sie nun durch das Loch im Spiegel das Fadenkreuz auf ein Object und »drehen den Spiegel so, daß der Schatten von dem Loch im Spiegel auf das Fadenkreuz »fällt, so hat das Object Licht.« Später wurde ein Fernrohr hinzugefügt und das Ganze aus Metall mit Klemm- und Stellschrauben hergestellt. Stand die Sonne im Rücken des Beobachters, so wurde ein zweiter Spiegel (der »Reflexions-Spiegel«) hinzugefügt.

Von 1823 ab beschäftigten Repsold durch mehrere Jahre vielfach die Apparate zu Bessel's Pendelversuchen, die ja auch Bessel selbst lange in Anspruch nahmen. Im April 1825 kam Bessel nach Hamburg, um die vollendeten Theile zu sehen und kennen zu lernen. Der Abschluß der Beobachtungen konnte erst im August 1828 erfolgen. Bessel wollte die Länge des einfachen Secundenpendels nicht direct bestimmen, sondern durch die Beobachtung der Schwingungszeiten einer an einem Faden hängenden Kugel in zwei genau um eine Toise (die als Grundmaaß angenommen wurde) verschiedenen Längen (Bessel, Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels, Berlin 1828, S. 1). Trotz der scheinbaren Einfachheit dieser Aufgabe führte die Steifigkeit des Fadens, d. h. einer sehr dünnen Messing-Lamelle, die Unvollkommenheit der Fortin'schen Toise, und später, als es sich um Vergleiche mit dem Reversionspendel nach Kater[1]) handelte, auch der Einfluß der Form der Schneiden auf viel Schwierigkeiten und Aufenthalt. Es ist erfreulich, aus dem Briefwechsel der beiden durch gegenseitige Hochschätzung verbundenen Männer zu ersehen, wie sie dabei einander in die Hände arbeiteten. — Die Einzelheiten über die Constructionen, die sie so vielfach beschäftigt haben, müssen in Bessel's Beschreibung a. a. O. nachgelesen werden. Auf Seite 96 finden sich dort Bessel's bekannte Vorschläge zur Construction eines Reversionspendels, ausführlicher A. N. **30**, 1.

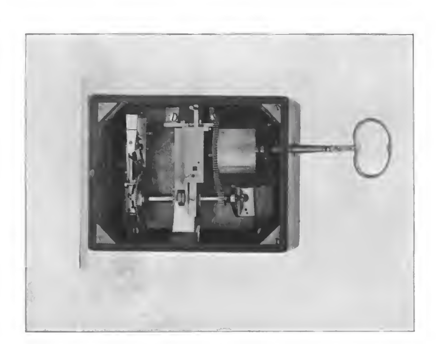
Zu gleicher Zeit ließ Repsold seine Längen-Theilmaschine herstellen, deren Hauptzweck die Zerlegung eines gegebenen Maaßes bis zu $1{,}05^{m}$ Länge in beliebige Unterabtheilungen war. Die Grundlage bildete eine geradlinige horizontale Bahn, bestehend aus einem genauen Cylinder und einer zu demselben parallelen Planfläche in gleicher Höhe; auf dieser waren zwei Schlitten, bis zu einem Ausschlag von $0{,}11^{m}$ unabhängig gegen einander beweglich, und der Ausschlag konnte durch zwei Anschläge und zwei Fühlniveaux auf das gesuchte Maaß beschränkt werden, ganz ähnlich wie bei der Kreis-Theilmaschine. Die Längen-Theilmaschine, mit deren Hülfe Repsold Schumacher bei seinen vielfachen Maaßvergleichungen unterstützte, befindet sich jetzt im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München zur Seite der Kreis-Theilmaschine Reichenbach's.

Auf Repsold's Anregung entstand 1825 die städtische Sternwarte in Hamburg, und er begann, die Instrumente zu entwerfen. Als erstes wurde das 5-füßige Durchgangs-Instrument in Angriff genommen, doch erst 1829 vollendet **[Fig. 158]**. Es wurde wesentlich kräftiger gebaut, als der Göttinger Meridiankreis, und besser für Umlegung eingerichtet. Die Einstellung in Declination geschieht an (der Symmetrie wegen) zwei Kreisen mit Verniers und Niveau, wie sie von Troughton eingeführt worden sind. Zum Nivelliren der Achse sind, außer dem auf die Zapfen zu hängenden Niveau, noch zwei andere am Würfel der Achse befestigt.

[1]) Henry Kater, Bristol 1777 — London 1835.



J. G. Repsold's Durchgangs-Instrument, 1829,
mitgetheilt von Herrn Prof. Schorr.



J. G. Repsold's Registrir-Apparat, 1828,

mitgetheilt von Herrn Prof. Schorr.





J. G. Repsold's Universal-Instrument, vollendet von A. u. G. Repsold,
mitgetheilt von Herrn Friedr. Fischer, Leipzig.

Zur Erleichterung und Verschärfung der Durchgangs-Beobachtungen hatte Repsold schon 1828 einen ersten Versuch zu einem Registrir-Apparat hergerichtet (A. N. **49**, 22) **[Fig. 159]**. Durch ein kleines, einer Spieluhr entnommenes Uhrwerk wurde eine Walze bewegt, die einen Papierstreifen fortzog, wie dies später auch bei den Morse-Apparaten eingeführt wurde, und durch einen kleinen Drücker am Gehäuse konnte eine feine Spitze vorgeschnellt werden. Die Benutzung des Apparates war so gedacht, daß vor Beginn einer Beobachtung eine bestimmte Secunde nach der Pendeluhr durch einen Stich auf dem Papier bezeichnet wurde, dann die Zeitpunkte der einzelnen Faden-Durchgänge und schließlich wieder eine bestimmte Secunde der Uhr. Die Zeiten der einzelnen Durchgänge waren dann unter Annahme gleichmäßigen Fortlaufes des Papierstreifens auszumessen. Ueber eine Benutzung des Apparats ist nichts bekannt; er hat aber Interesse als ein frühzeitiger Vorläufer der späteren electrischen Registrir-Apparate.

Versuche, die Repsold 1825 mit einem hängenden horizontalen Collimator anstellte (A. N. **4**, 311 und Gauss-Sch., **2**, 68), scheinen ohne Erfolg geblieben zu sein, vermuthlich wegen ungenügend sicherer Aufstellung.

An einem für die Hamburger Sternwarte projectirten Meridiankreise beabsichtigte Repsold, die ihm eigenthümliche und später vielfach angewandte Vertauschbarkeit von Objectiv und Ocularkopf zur Prüfung der Fernrohr-Biegung anzubringen, die er schon 1822 (A. N., **17**, 66) angeregt hatte. An die Ausführung des Instumentes gelangte Repsold nicht mehr. — Unvollendet hinterließ er ein Universal-Instrument mit Objectiv von 19^{l} Oeffnung und Kreisen von 9^{z} Durchmesser, die je durch zwei Mikrometer-Mikroskope abzulesen waren; 1^{t} gab 5″ **[Fig. 160]**. Die Mikroskope des Azimuthal-Kreises waren gebrochen. Dieses Instrument wurde erst 1841 von Repsold's Söhnen vollendet. Es zeichnet sich aus durch einen niedrigen, festen Bau. Die Reibung und Durchbiegung der horizontalen Achse ist durch Rollen mit Federdruck verringert; die Büchse der senkrechten Achse führt sich an einem Cylinder unten und einem 45°-Conus am oberen Ende (A. N. **19**, 239).

In den letzten Lebensjahren kränkelte Repsold vielfach, und am 14. Jan. 1830 fand er in Ausübung seines städtischen Amtes ein plötzliches Ende durch den Einsturz eines brennenden Gebäudes. — Repsold suchte allen seinen Arbeiten eine hohe Vollendung zu geben; sie gingen daher, obgleich er von lebhaftem Temperamente war, oft langsam voran. Auch ließ er sich in Sachen, die ihn interessirten, nicht gern stören, und daran änderten keine Reclamationen. Selbst sein Freund Schumacher schreibt einmal (12./1. 1827) an Gauss (Gauss-Sch., **2**, 92): »Ich hoffe, Sie haben jetzt Ihren Collimator. Ich habe Repsold »jetzt so oft erinnert, und wir sind dabei das letzte Mal so lebhaft geworden, daß ich »nicht gut wieder auf die Materie zurückkommen kann.« Ein anderes Mal klagt Schumacher, daß er von Repsold nichts bekommen könne, weil er mit einer Dampfmaschine experimentire. — Repsold wurde auch oft sowohl durch seine amtliche Thätigkeit behindert, als auch durch die Beaufsichtigung und Instandhaltung der Leuchtfeuer an der Elbmündung, die ihm übertragen worden war. Ueberdies mußte er bis auf die letzten Jahre, wo ihm sein zweiter Sohn, Adolf, eine zuverlässige Stütze wurde, sich meist mit ungeschulten Hülfskräften behelfen. — Seine Werkstatt wurde von seinen Söhnen Adolf und Georg[1]) fortgeführt.

[1]) Georg Repsold, Hamburg 1804—1885.

28. Nachträgliches über deutsche Arbeiten.

Es ist zunächst nachzuholen, daß Heliotrope nach Gauss' Construction (A. N. **5**, 330) von 1821 ab von Rumpf[1]) in Göttingen, später (1824) auch unter Bohnenberger's Mitwirkung von Buzengeiger[2]) in Tübingen (Instrk., Juli 1897) hergestellt wurden **[Fig. 161]**. Sie bestehen aus einem in seiner Haltung um seine optische Achse drehbaren Fernrohre, vor dessen Objectiv ein größerer, in der Mitte mit einem Spalt versehener Spiegel und ein rechtwinklig zu diesem in dem Spalt angebrachter kleinerer Spiegel sich befinden. Beide sind mit einander um eine die optische Achse rechtwinklig schneidende Achse drehbar. Wird das Fernrohr auf eine ferne Station gerichtet und dann um seine Achse, und zugleich die Spiegel um die ihrige, gedreht, bis die Sonne im Ocular sichtbar wird, so muß das Licht des großen Spiegels auf der fernen Station sichtbar sein.

Ein durch einen Haltungsring mit drei verstellbaren Backen auf Instrumenten verschiedener Größe verwendbares Heliotrop wurde seit 1829 von F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel ausgeführt (F. W. Breithaupt, Beschreibung eines Reichenbach'schen Wiederholungs-Kreises etc., Cassel 1835, 47 ff.). Ein der Beschreibung beigefügtes Preisverzeichniß nennt Wiederholungs-Kreise, Universal-Instrumente, Borda-Kreise, Meridian- und Aequatoreal-Instrumente. — In Weimar vollendete Körner 1817 ein Durchgangs-Instrument (Goethe, Annalen 1817).

In Berlin wurden zu Anfang des 19. Jahrhunderts astronomische Instrumente noch kaum hergestellt. Auf der dortigen Sternwarte wurden 1811 benutzt: ein 3½-füßiges Dollond'sches Durchgangs-Instrument, ein 5-füßiger Bird'scher Mauer-Quadrant (von 1768) und ein 10-zölliger Troughton-Sextant (Jahrbuch 1815, 156 ff.).

Erst in den zwanziger Jahren entsteht in Berlin die Pistor'sche[3]) Werkstatt; 1828 erhält sie den Auftrag, einen Meridiankreis für die Sternwarte Berlin herzustellen, der aber 1837 noch nicht fertig war (A. N. **13**, 163; **14**, 329).

Bemerkenswerth sind dagegen die Aufwendungen, welche für die Königsberger Sternwarte gemacht wurden. Nach Bessel's Ernennung zum Director (1810) wurden aus der Sammlung des Grafen Hahn[4]) (M. C. **14**, 285) angekauft: ein 4-füßiges Dollond'sches Durchgangs-Instrument, der 25-zöllige Cary-Kreis (oben S. 84) und kleinere Instrumente; 1819 bekam Bessel den Meridiankreis von Reichenbach, 1826 das Heliometer von Fraunhofer.

Von großer Bedeutung für die jetzt wesentlich gesteigerten Ansprüche an die Fehlerbestimmungen der Instrumente wurde Bohnenberger's 1826 (A. N. **4**, 327) veröffentlichte Erfindung der Nadir-Beobachtung. Bohnenberger zeigt, wie man an einem senkrecht auf eine Quecksilber- (oder Wasser-)Fläche gerichteten Fernrohr durch Einführung eines kleinen Beleuchtungsspiegels zwischen die beiden Gläser des Oculars reflectirte Fadenbilder erhält, durch deren Vergleichung mit den Fäden selbst sowohl

[1]) Rumpf, Hannover? ca. 1780 — Göttingen 1833, Anfangs Münzmeister in Hannover.
[2]) Johann Wilhelm Gottlob Buzengeiger, Tübingen 1778—1836.
[3]) Carl Philipp Heinrich Pistor, Berlin 1778—1847.
[4]) Graf Friedrich Hahn, Neuhaus in Holstein 1741 — Remplin 1805.



Heliotrop nach Gauss,

nach Breithaupt, Beschreibung eines Reichenbach'schen Wiederholungs-Kreises etc., 1835.



der Indexfehler eines Höhenkreises, als auch, mit Umhängung der Achse, Collimations- und Neigungsfehler sich finden lassen. Diese Methode wurde indeß von Gauss schon 1813 angewandt, und zwar mit Benutzung eines Planparallel-Glases statt des Spiegels; denn am 23./1. 1813 schreibt Reichenbach in Beantwortung eines Briefes von Gauss vom 11./1. 1813: »Die Anwendung des künstlichen Horizontes zur verticalen Stellung »des Kreises und Rectificirung der kleinen Quer-Libelle ist eine sehr gute und an- »wendbare Idee.« Gauss muß also von diesem Verfahren geschrieben haben. — Gauss war es auch, der, wohl durch seine Mittheilung über die Bestimmung der Fadenabstände seines Meridiankreises mit Hülfe eines in die optische Achse eingerichteten Universal-Instruments (A. N. **2**, 371), zur Benutzung kleiner Fernrohre (Collimatoren) als Meridianmarken, anstatt der sehr fernen, oder nach Rittenhouse[1]) durch Linsen großer Brennweite sichtbar gemachten Meridianmarken (Pearson, **2**, 446), Anregung gab. Dieses Verfahren ist freilich sehr bequem, bedingt aber eine sehr geschützte Aufstellung, um die vorausgesetzte Unveränderlichkeit zu haben, und hat den Uebelstand, nur einen Theil des Hauptobjectivs zur Geltung zu bringen. Zwei solcher Collimatoren, die auf einander eingestellt waren und gegenseitig mikrometrisch controllirt wurden, haben aber Bessel für Biegungs-Untersuchungen gute Dienste geleistet (A. N. **3**, 209), und Schumacher hat dasselbe erreicht mit einem Collimator, der zu nivelliren und umzulegen war (A. N. **44**, 1).

29. Die Londoner Werkstätten nach 1800.

In England stand nach Ramsden's im Jahre 1800 erfolgtem Tode Edward Troughton's Werkstatt in größtem Ansehen; auch Cary und später der jüngere Dollond, sowie Jones[2]) hatten einen guten Ruf.

Vermuthlich angeregt durch den Erfolg, den Ramsden mit seiner 1773 vollendeten Kreis-Theilmaschine hatte, beschäftigte sich Edward Troughton seit 1775 mit dem Gedanken an ein anderes Theilverfahren (Ph. Tr. **99**, 105 ff.). Er hatte indeß Widerspruch bei seinem älteren Bruder, John, in dessen Werkstatt er damals arbeitete, gefunden und konnte es erst 1785 ins Werk setzen; er verfuhr dabei, wie folgt: Der Umfang des Kreises wurde wenig conisch gedreht, und gegen denselben wurde, an einem auf dem Kreise gleitenden Träger gehalten, mit Federdruck eine Scheibe geführt, deren Durchmesser möglichst genau = $^1/_{16}$ Durchmesser des Kreises war. Wenn beim Drehen des Kreises ein auf der Fläche desselben angegebener Punkt, der mit einem auf der Scheibe angegebenen Punkte unter einem Mikroskop in denselben Kreis-Radius gestellt worden war, nach 16 Umgängen der Scheibe nicht wieder mit diesem coincidirte, so wurde die Scheibe, je nach Bedarf, hinauf- oder hinuntergestellt, bis die 16 Umläufe der Scheibe genau mit einem Umgange des Kreises übereinstimmten. Die Scheibe trug, außer dem einen, noch 15 andere Punkte in gleichen Abständen, und nach diesen wurden nun allmählich auf dem Kreise 16 × 16 Punkte aufgetragen, so daß der

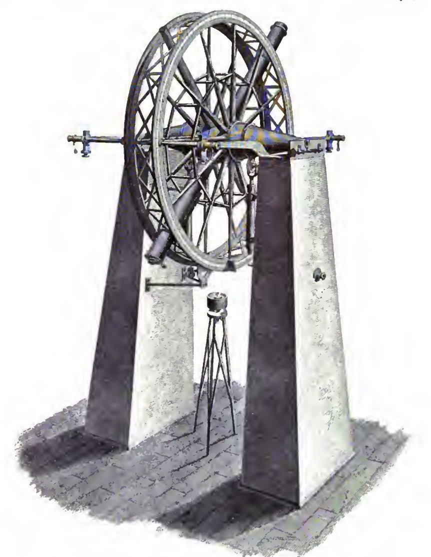
[1]) David Rittenhouse, Germantown (Pennsylvania) 1732 — Philadelphia 1796.

[2]) Thomas Jones, London 1775—1852.

Kreis in $t \cdot 2^8 = 256$ t getheilt war, die also eine 8-malige Halbirung des Umfanges zuließen. Sie wurden nicht als richtig angenommen, sondern unter zwei Mikroskopen mit Mikrometern untersucht, indem diese zunächst in 180° aufgestellt wurden, um durch Ablesung in beiden Lagen ihre Abweichung von 180° Abstand zu finden, dann in 90°, um in ähnlicher Weise die Quadranten zu untersuchen, und so fort, immer unter Berücksichtigung der schon gefundenen Abweichungen, bis, so gut es ging, die Fehler aller 256 Punkte bestimmt waren. Danach wurde eine Tabelle berechnet, mit deren Berücksichtigung bei den Einstellungen man (bei unveränderter Temperatur, unveränderten Oberflächen der gegen einander laufenden Umfänge und Ausbleiben jeder Gleitung derselben) den Kreis in 256 genau um je $\frac{360°}{256} = 84' \, 22,''5$ von einander verschiedene Stellungen bringen konnte. Um nun aus diesen gebrochenen Gradintervallen die verlangte 5'-Theilung abzuleiten, wurde die Scheibe mit einem getheilten Sector versehen, dessen Theilungslänge genau einem jener Intervalle entsprach. An dem Träger der Scheibe war ein Mikroskop befestigt, unter dem der Sector für die einzelnen 5'-Striche eingestellt wurde, und ein Reißer, um die Striche zu ziehen. Troughton wollte in dieser Weise jeden größeren Kreis mit Originaltheilung versehen und glaubte, das eben so leicht thun zu können, wie früher Theilungen copirt wurden (S. 134). Das ist kaum wahrscheinlich, und es ist sogar zu bezweifeln, ob die Methode mit großem Erfolge durchzuführen war; denn, abgesehen von der Fehlerhäufung bei der Untersuchung und der Gefahr von Versehen bei Berechnung und Anwendung der Tabelle, ist das Verfahren sehr umständlich und vielen kleinen Störungen ausgesetzt. Troughton erwähnt übrigens (S. 113), daß damals (1789) in London große Kreise meist mit Stangen- und Federzirkeln in Punkten getheilt wurden; man pflegte die Theilung dann unter einem Mikroskop zu untersuchen und fehlerhafte Punkte durch seitlichen Druck mit einer Spitze etwas zu verschieben. Kleine Kreise wurden auf der Maschine getheilt.

Im Jahre 1806 baute Troughton den von Groombridge[1]) benutzten Meridiankreis von 5^f Brennweite und 4^f Durchmesser (Pearson, **2**, 402) als ersten in England **[Fig. 162]**. Die Bauart entspricht ganz der damals in England üblichen: schwere Gußtheile sind vermieden, die Speichen der beiden Kreise bestehen aus Röhren, und das Fernrohr ist nahe den Enden an einem die beiden Kreise verbindenden Strebewerke befestigt. Aehnlich wird ein zweites langes Rohr in 90° zum Fernrohr gehalten, in dem ein Silberdraht als Loth angebracht und am unteren Ende durch zwei Mikroskope in 90° abgelesen wird (ghost-apparatus). Zur weiteren Controlle der Achsenlage ist ein dauernd parallel zur Achse hängendes Niveau angebracht und ein Niveau am Fernrohr, parallel zu demselben, soll den Nullpunkt auf Unveränderlichkeit prüfen. Die Kreisablesung geschieht durch zwei Mikrometer-Mikroskope zu jeder Seite, an vom Pfeiler ausgehenden Armen befestigt. Die Achse kann mit Hülfe eines Flaschenzuges umgelegt werden. Der Druck der Zapfen in den Lagern wird durch zwei einzelne, mit Federdruck unter der Achse laufenden Rollen vermindert; sie müssen sehr genau eingerichtet gewesen sein, wenn ein seitlicher Lagerdruck vermieden werden sollte.

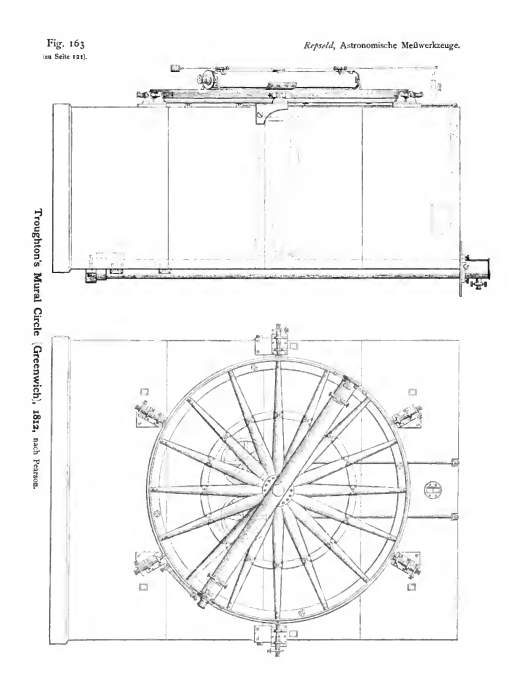
[1]) Stephen Groombridge ? 1755? — Blackheath bei London 1832.



Troughton's Transit Circle (Groombridge), 1806, nach Pearson.

46*

Fig. 163
(zu Seite 121).



Troughton's Mural Circle (Greenwich), 1812, nach Pearson.

Ein hervorragendes Werk Troughton's ist auch der 6-füßige Mauerkreis in Greenwich von 1812, über dessen Construction man sich erst nach langen Verhandlungen in der Royal astron. Society einigte (Pearson, **2**, 472); man darf ihn wohl ein Compromiß-Instrument nennen **[Fig. 163]**. Die Quadranten hatte man aufgegeben, aber ihre Aufstellung behielt man bei, statt nach Römer's Beispiel und Wollaston's Empfehlung die zweifellos leichtere und sicherere Drehung an Endzapfen einer langen Achse anzunehmen. Im Uebrigen (Pearson, **2**, 473) bestand der wohlüberlegte Plan, sich von Loth und Niveau möglichst unabhängig zu machen durch fortgesetzte Polstern-Beobachtungen oder, nach Troughton's Vorschlag, durch Beobachtung geeigneter Sterne direct und im Quecksilber-Horizonte, der aber erst um 1824 aufgenommen worden ist. Um weitergehenden Wünschen nachzukommen, wurde außerdem der Mauerblock mit einem um seine Achse drehbaren Zenithrohre mit Mikrometer versehen, durch welches nahe dem Zenith culminirende Sterne während eines Durchganges in beiden Lagen beobachtet werden sollten. Diese rasche, durch Anschläge begrenzte Umdrehung erwies sich indeß als unzweckmäßig, auch genügte die Beleuchtung nicht; das Zenithrohr ist deshalb nach den ersten Versuchen nicht wieder benutzt worden. — Die Mauer ist 7^f lang in Richtung des Meridians, 4^f dick und 10^f hoch; in der Mitte hat sie eine horizontal durchgehende Oeffnung mit zwei Lagern, in denen die Achse des Kreises liegt (Pearson, **2**, 476). Diese ist hohl und enthält, in zwei Lagerringen gehend, eine zweite Achse, um welche das Fernrohr sich dreht, um zur Eliminirung von Theilungsfehlern in verschiedene Lagen gegen den Kreis gebracht werden zu können. Während der Beobachtungen werden dann Fernrohr und Kreis mit einander fest verbunden. Der Kreis ist aus zwei in 90° gegen einander gepaßten Ringen (einem cylindrischen und einem planen), 16 kegelförmigen hohlen Speichen und einem massiven, an die Achse anschließenden Mittelkörper zusammengesetzt. Die Theilung geht von 5' zu 5' und ist auf einen in die Cylinderfläche eingelassenen Reifen von 4^t Gold und 1^t Palladium aufgetragen, einer Mischung, die nicht oxydiren soll. Die Ablesung geschieht durch sechs an der Mauerfläche rechtwinklig zur Meridianebene befestigte Mikroskope auf einzelne Secunden. Zwei besondere an der Mauer befestigte Mikroskope dienen zur Controlle der unverändert horizontalen Lage der Drehungsachse nach einem Loth. Zum Zwecke der Klemmung und Feinstellung ist an der Mauer neben dem Theilkreise ein besonderer Ring befestigt, auf dem die Klemme schleift und festgeklemmt werden kann. Die Drehung des Kreises ist durch zwei große, gegen den Achsenkopf laufende Räder erleichtert, die an einem Gegengewichts-Hebel auf der Mauer hängen. Das Feld des wenig über 6^f langen Fernrohres wird durch eine seitliche Oeffnung in Verlängerung der Achse beleuchtet (Pearson, **2**, 479). — Pond's Urtheil über den Mauerkreis: »a mural »circle is merely a differential instrument; it can measure nothing but the angular dis- »tance between two given points: by an extension of this principle the angular distance »between an object and its reflected image may be obtained. But to apply this »principle to astronomical purposes, we must suppose the instrument to remain per- »fectly in the same state, with respect to its surrounding microscopes, for at least »twenty-four hours, and in most cases for a much longer period« klingt nicht sehr befriedigt und führte zur Aufstellung eines zweiten, ganz ähnlichen Instruments (von Jones) neben dem Troughton-Kreise. Sie wurden gleichzeitig benutzt, indem das eine

zu directen, das andere zu reflectirten Beobachtungen diente. Aber jenes Bedenken scheint dadurch nur theilweise gehoben zu sein, und Nadir-Beobachtungen kannte man noch nicht, wenigstens wohl nicht in England. — Reichenbach, dem Schumacher eine Abbildung des Mauerkreises geschickt hatte, beurtheilt ihn am 2./7. 1814 sehr ungünstig; er sagt: »Wenn es wahr wäre das dieser Meridian-Kreis so vollständige »Resultate gäbe, so wäre alle Mühe die ich mir für die Instrumental-Astronomie schon »gegeben habe und noch gebe nur eine Farce.«

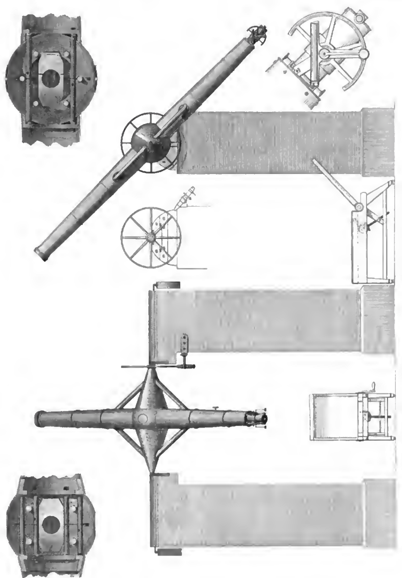
Im Jahre 1816 vollendete Troughton auch ein neues Durchgangs-Instrument für Greenwich, zu dem ein vorzügliches Dollond-Objectiv von 10f Brennweite, 5z Oeffnung verwandt wurde (Pearson, **2**, 366). Es war die Absicht, dasselbe wesentlich fester zu bauen, als das alte von Bird, an dem man gefunden hatte, daß es das Fernrohr nicht in einer Verticalebene herumführte **[Fig. 164]**. Troughton gab den Würfel als Mittelkörper der symmetrischen Achse auf, wie es scheint, weil dieser innen nicht gut zu bearbeiten ist, und ersetzte ihn durch eine Kugel, deren Flächen auch innen bearbeitet sind. Vier Kegel, welche die Achse und die unteren Enden der Fernrohrhälften bilden, sind gegen vier Anschnitte der Kugel gepaßt und werden durch durchgehende Schraubenbolzen, sechs für die Achsen-, vier für die Fernrohr-Ansatzstücke, gegen die Kugel geholt. Das in dieser Weise hergestellte Rohrkreuz ist dann noch durch wesentlich dünnere Rohre, die in 45° zwischen je zwei der Arme verschraubt sind, versteift und in diesem Zustande auf die Drehbank gebracht worden zum Zweck der Vollendung der Lagerzapfen. Schließlich sind die beiden Fernrohr-Ansatzstücke durch Anschrauben zweier conisch zulaufenden Rohre auf die ganze Länge gebracht worden. Die inneren Schraubenbolzen sind indeß ebenso wenig zu empfehlen, wie die 45°-Verbindungen, da sie alle möglichen Spannungen verursachen können. Als Neuerung hat Troughton, anstatt des nach einem Vernier mit Niveau einzustellenden Kreises auf der Achse, zu jeder Seite des Ocular-Endes am Fernrohr einen ähnlich ausgestatteten Halbkreis angebracht, von dem schon die Rede gewesen ist (oben S. 102). Das Fernrohr ist mit einem Ocular-Mikrometer im Sinne des Durchgangs versehen und mit Feldbeleuchtung durch die Achse, die durch eine Iris-Blende im Fernrohre, ca. 18z vom Ocular, beliebig moderirt werden kann, ohne das Feld zu beschränken. — Der Druck der Zapfen in den Lagern ist durch Gegengewichts-Hebel in den Pfeilern aufgehoben. Ueber die Umlegung der Achse giebt Pearson keine Auskunft. — In einer an der Achse befindlichen Inschrift bezeichnet Troughton »this and the Mural Circle« als »his greatest and best works«.

Als ein Beispiel transportabler Instrumente sei Troughton's Altazimuth mit ca. 2½-füßigem Fernrohr genannt, das um 1825 gebaut wurde **[Fig. 165]**. Es ist im Wesentlichen dem großen (oben S. 85) ähnlich, doch steht hier die senkrechte Achse auf dem Dreifuß und führt sich in einer langen Büchse des Obertheils (Pearson, **2**, 434).

Schließlich sei noch ein Spiegelkreis **[Fig. 166]** und ein Mikrometer-Mikroskop **[Fig. 167]** von Troughton im Bilde wiedergegeben; sie bedürfen keiner Erklärung.

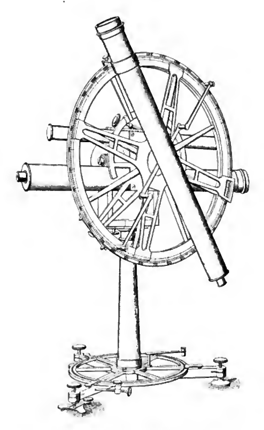
Kleine Durchgangs-Instrumente wurden vielfach von Dollond, später auch von Jones hergestellt, im Wesentlichen nach dem Vorbilde Ramsden's und Troughton's. Ein transportables Durchgangs-Instrument von Jones (1810—1820) beschreibt Pearson **[Fig. 168]**. Es hat einen gußeisernen Fuß mit zwei Lagerträgern von genügender Höhe, um das Fernrohr durchschlagen zu lassen; für große Höhen wurde ein

Fig. 164
(zu Seite 122).



Troughton's Transit-Instrument (Greenwich), 1812, nach Pearson.



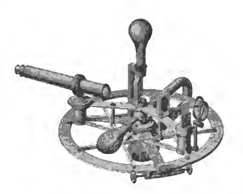


2 ½ f-Altazimuth von Troughton, um 1825,

nach Pearson.

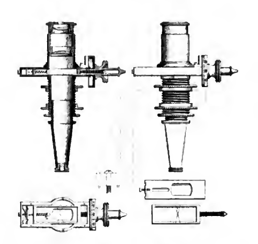


Fig. 166
(zu Seite 122).



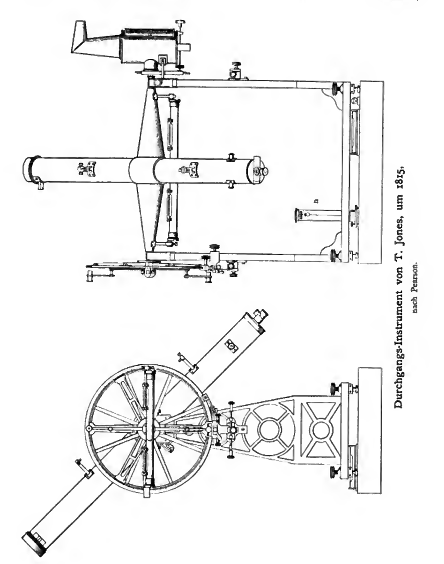
Spiegelkreis von Troughton, um 1820,
nach Pearson.

Fig. 167
(zu Seite 122).



Troughton's Mikrometer-Mikroskop, um 1820,
nach Pearson.





Durchgangs-Instrument von T. Jones, um 1815,
nach Pearson.



Kater's Vertical-Collimator,

nach Phil. Trans. 1828.

gebrochenes Ocular (diagonal eye piece) verwandt (Pearson **2**, 317). Die vier Fußschrauben sind etwas auffällig, aber bei vorsichtiger Benutzung doch dreien vorzuziehen, weil die Grundplatte bei den angenommenen Dimensionen gegen Windung empfindlich sein muß. Das Fernrohr hat 4 f Brennweite, 3½ z Oeffnung; der auch für gelegentliche Höhenmessungen bestimmte Kreis hat 18 z Durchmesser. Die Aufhängung des Niveaus nicht direct auf die Zapfen der Achse, sondern auf zwei von der Achse vorspringende Zapfen ist ein unerwünschter Umweg. Eine Umlege-Vorrichtung fehlt, wie wohl damals noch allgemein bei kleineren Instrumenten. Auf dem Pfeiler steht, zur Prüfung seiner Unveränderlichkeit, ein kleiner, als »Hardy's noddy« bekannter Apparat: ein sehr empfindliches aufrechtstehendes Federpendel in einem Glasbehälter (n. im Bilde).

Einen sehr eigenthümlichen horizontalen Collimator brachte Kater zur Ausführung. Er bestand aus einem Fernrohre auf einer Platte, die in einem Gefäße mit Quecksilber schwamm. Er sollte. erst im Norden dann im Süden, mit dem Meridiankreise eingestellt werden und ließ, Unveränderlichkeit während des Transportes vorausgesetzt, im Mittel der Ablesungen auf den Zenithpunkt schließen Dieser Collimator soll trotz seiner Unbequemlichkeit in England mehrfach zur Anwendung gekommen sein (Pearson, **2**, 449).

Vielleicht angeregt durch einen Vorschlag Bessel's zu einem Zenith-Collimator, unternahm Kater auch eine Lösung dieser Aufgabe, indem er ein senkrechtes Fernrohr auf Quecksilber schwimmend einrichtete (Ph Tr. 1828, 257) **[Fig. 169]**. Das Quecksilber-Gefäß, von Gußeisen, hat die Form einer tiefen, ringförmigen Rinne mit einer Mittelöffnung von ca. 0,1 m; die äußere Wand hat 0,30 m inneren Durchmesser. Dieses Gefäß führt sich leicht an einem von einer Grundplatte vorspringenden Ringstücke, das in die Mittelöffnung tritt, und läßt sich auf drei Rollen gegen Anschläge um 180° drehen; die Grundplatte ist innerhalb des Ringstückes senkrecht durchbrochen, um das 8 z lange, an einer Brücke auf dem gußeisernen Schwimmer befestigte Fernrohr frei durchtreten zu lassen. Der Schwimmer hat innen und außen ca. 15 mm Raum in dem Gefäße und wird an zwei einander gegenüberstehenden Stiften in zwei Schlitzen leicht geführt, so daß der Schwimmer bei Drehung des Gefäßes nicht stehen bleiben kann. Dieser Apparat, der recht wohl gute Dienste hätte thun können, scheint kaum benutzt worden zu sein. Zweckmäßiger wäre, statt des kleinen Collimators, ein Planspiegel von gleicher Größe wie das Objectiv des zu prüfenden Fernrohres gewesen.

Sehr bemerkenswerth sind ferner Kater's Pendel-Versuche von 1828 (Ph. Tr. 1828, 33), bei denen zum ersten Male Schneiden an beiden Schwingungspunkten eingeführt wurden, nachdem solche freilich schon früher von Bohnenberger in seiner »Astronomie, Tübingen, 1811«, S. 448 in Vorschlag gebracht worden waren, ohne daß Kater davon wußte (A. N. **4**. 225). Schon 1798 ist übrigens, nach Defforges, von Prony[1]) das Modell eines Reversionspendels hergestellt worden, ohne bekannt zu werden (Instrk. 1888, 368). Kater verwendet als Pendel eine flache Stange (⅛ × 1½ inch) mit cylindrischen Enden. Die Schneiden, von gehärtetem Stahl, sind in ca. 1 m Abstand mit je zwei Schrauben gegen Vorsprünge der Stange befestigt und können vertauscht

[1]) François Marie Riche de Prony, Chanlet 1755 — Asnières bei Paris 1839.

werden; sie sind unter einem Winkel von 120° möglichst scharf geschliffen. Die Stange trägt ein größeres Gegengewicht in Nähe der einen Schneide und zwei kleinere, die so abgepaßt wurden, daß die Schwingungs-Zeiten möglichst gleich wurden. Die Schneiden schwingen auf zwei Agat-Platten und können durch eine Hebevorrichtung mit Hebel und Schraube vorsichtig abgenommen und aufgelegt werden. Das Pendel wurde vor einer Uhr aufgestellt, deren Pendel eine schwarze Platte mit einer weißen Papierscheibe von sehr nahe demselben Durchmesser, wie das davor schwingende Gewicht des Reversionspendels trug, so daß sie in der Ruhelage gerade verdeckt wurde. Diese Coïncidenzen wurden in einem ca. 3^m entfernt aufgestellten Fernrohr beobachtet. — Der Abstand der Schneiden wurde bei horizontaler Lage des Pendels unter zwei Mikroskopen gegen einen Normalstab verglichen, und zwar in zwei verschiedenen Weisen: zuerst mit Hülfe zweier gegen die Schneiden geführten parallelipipedischen Metallstücke mit je einem Strich auf der horizontalen Oberfläche; die Summe der Abstände der Striche von den Berührungsflächen wurde bei gegenseitiger Berührung der Metallstücke gemessen und von der mit zwischenliegendem Pendel gefundenen Länge abgezogen; dann auch durch unmittelbare Einstellung auf die Schneiden, abwechselnd bei erleuchteten Schneiden auf dunklem Grunde und dunklen Schneiden auf hellem Grunde. — Um zu prüfen, ob die Pendelschwingungen die Ruhelage der Schneidenlager beeinflußten, benutzte Kater einen Noddy (s. vor. S.) von annähernd gleicher Schwingungszeit wie die des Pendels.

Es sei noch hingewiesen auf einen von Englefield[1]) und Grooby um 1810 gemachten Vorschlag zu einem Durchgangs-Instrument mit einem geraden Fernrohre und Planspiegel in 45° vor dem Objectiv, das in horizontaler Lage um seine optische Achse drehbar sein sollte (Lindenau **1**, 99).

Auch neuer Versuche an Doppelbild-Mikrometern ist zu gedenken. Jones stellte 1819 sein »dioptric micrometer« her; es unterscheidet sich von dem Ramsden's dadurch, daß die gegenseitige Bewegung der Linsenhälften nicht durch Trieb, sondern durch eine Schraube mit zweierlei Gewinde (nach Townley) bewirkt wird (Pearson, **2**, 185); Dollond verwendet 1821 eine Kugel von Bergcrystall als Ocular und mißt den Abstand der beiden Bilder an einer mit der Kugel drehenden Scheibe (Pearson **2**, 230); Amici[2]) verbesserte 1823 das Doppelbild-Mikrometer von Ramsden und Jones, indem er die durchschnittene Linse weiter vom Ocular entfernte (Zach **9**, 517); aber sie alle scheinen, besonders der ungünstigen Bilder wegen, kaum ernstlich benutzt worden zu sein.

30. Die Pariser Werkstätten nach 1800.

Die Schreckenszeit in Paris gegen Ende des 18. Jahrhunderts hatte, wie oben berichtet, auf der Sternwarte die wissenschaftlichen Arbeiten unterbrochen und Cassini in Gefahr gebracht. Als ruhigere Zeiten eingetreten waren, suchte man Cassini zu bewegen, sein Amt wieder zu übernehmen, aber er konnte den Abscheu vor Paris,

[1]) Henry Englefield, 1752? — London 1822.
[2]) Giovanni Battista Amici, Modena 1786 — Florenz 1863, Prof. math.

der sich ihm eingeprägt hatte, nicht überwinden. Im November 1798 kehrte indeß Méchain von seinen Vermessungen im Süden Frankreichs zurück, und er ließ sich bewegen, einstweilen der Sternwarte vorzustehen (M. C. **2**, 292). Er fand allgemeine Unordnung vor und suchte die nöthigsten Reparaturen zu besorgen, obgleich ihm keine Mittel zur Verfügung standen. Ramsden's Durchgangs-Instrument war noch nicht da, aber Le Noir hatte einstweilen ein 3½-füßiges Dollond'sches Rohr für Durchgangs-Beobachtungen hergerichtet. Es war gut gearbeitet, hatte Beleuchtung durch die Achse und Gegengewichte, auch eine Meridianmarke in 700 Toisen Entfernung. Außerdem war noch ein altes 2½-füßiges Durchgangs-Instrument vorhanden, das sich aber kaum bis ins Zenith bewegen ließ (vielleicht das von Maupertuis benutzte?). Seitdem La Place[1]) Minister geworden, wurde wieder Geld bewilligt. Der Bird'sche Quadrant, der früher Le Monnier gehört hatte, wurde besser aufgestellt, bekam ein neues Fernrohr, und Le Noir machte eine neue Beleuchtung seitlich am Rohr. Dieser Quadrant diente für die südliche Seite des Meridians. Der 5-füßige von Sisson, der im Besitze Le Monnier's gewesen und 1754 von La Lande in Berlin benutzt worden war, wurde an die andere Seite desselben Pfeilers gehängt und beherrschte den nördlichen Meridianbogen. Ein anderer 6-füßiger beweglicher Quadrant (von Langlois?) wurde bei Seite gestellt.

Ein älterer 22-füßiger Reflector wurde von Carrochez aufgearbeitet (M. C. **2**, 297, 305) und sollte eine Aufstellung von Tremmel erhalten.

La Lande berichtet 1803 (M. C. **8**., 186, 449), daß das bei Ramsden bestellte Durchgangs-Instrument von dessen erstem Gehülfen beendigt worden und geliefert ist. Tremmel ist gestorben, ohne die Aufstellung, die sehr theuer, aber nicht gut geworden ist, fertig gemacht zu haben; Prony will sie verbessern. Le Noir hat so viel Borda-Kreise zu machen, daß Bellet, Meichel und Chazal ihm helfen müssen. — Megnié, der Gründer der unter Cassini verunglückten Werkstatt im Observatoire, ist in Paris gewesen, lebt jetzt in Madrid, wo er seine Geschäfte mit Erfolg fortsetzt. — Von Seiten der Regierung ist eine englische Theilmaschine von Samuel Orehe von 43½" Durchmesser »für den Gebrauch unserer Künstler« angekauft worden.

Ein Bericht Zahrtmann's[2]) an Schumacher von 1823 (A. N. **2**, 241 ff.) giebt einigen Anhalt über die weiter eingetretenen Veränderungen. Zunächst ist auffällig, daß, während Ramsden's Durchgangs-Instrument an der Sternwarte in Thätigkeit ist, von Reichenbach's 3-füßigem Multiplikationskreise, von dem 1811 bei der Aufstellung so viel Aufhebens gemacht worden war, nicht die Rede ist.

Von den 1787—9 patentirten 18 ingénieurs en instruments de mathématique etc. nennt Zahrtmann nur noch drei, und zwar:

1. Fortin, 72 Jahre alt, hat sich ursprünglich durch gute Waagen ausgezeichnet und arbeitet noch sehr genau. Schumacher, Struve und Bessel ließen Normal-Maaßstäbe von ihm herstellen. Sein größtes Instrument ist ein Meridiankreis, den man eben im Observatoire aufgestellt hat, ähnlich dem in Greenwich, also ein Mauerkreis, doch in besonderer Art getheilt. Die Verbindung der Speichen mit dem Mittel ist

---

[1]) Pierre Simon La Place, Beaumont en Auge 1749 — Paris 1827.

[2]) Christian Christopher Zahrtmann, Viborg 1793 — Kopenhagen 1853, Marine-Offizier.

solider, und die Theilfläche besteht aus einer Mischung von Gold und Palladium (6^t Gold, 1^t Palladium), die nicht oxydirt und gute Ablesung giebt. Fortin macht aus seiner Theilmaschine, an deren Vervollkommnung er 40 Jahre gearbeitet hat, ein Geheimniß (Repsold dagegen hat er sie 1819 bereitwillig erklärt). Seine Repetitionskreise indeß »ne sont pas trop parfaits par rapport à la division«. Fortin's Schwiegersohn Hermann wird vermuthlich einmal seine Werkstatt fortführen.

2. Le Noir arbeitet nicht mehr; sein Sohn[1]), ca. 40 Jahre alt, arbeitet fort, doch mehr für die Marine und Ingenieure, als für die Astronomie.

3. Richer ist gestorben, die Söhne scheinen seine Werkstatt nicht fortführen zu wollen.

Am meisten Ansehen hat, nach Zahrtmann, der damals 36 Jahre alte Gambey[2]), den er als einen verdienten, selbständigen Mann schildert. Er ist eben dabei, ein Aequatoreal für die Pariser Sternwarte zu vollenden, das durch eine Pendeluhr (une pendule) bewegt werden soll. Das Fernrohr ist von Lerebours[3]) und hat bei 5^f Brennweite 45^z Oeffnung, die Kreisablesung geschieht durch zwei Mikrometer-Mikroskope. Zahrtmann meint, dies sei das hübscheste Stück dieser Art, das bisher in Frankreich ausgeführt worden. Gambey hatte auch kürzlich drei Theodoliten eigenthümlicher Art von 8^z Durchmesser gemacht, die gelobt werden, darunter einen für die polytechnische Schule und einen für England; auch einen Heliostaten baute er. Er hat seine eigne Theilmaschine, die keine Centrirung des zu theilenden Kreises erfordern soll. — Von Gambey's späteren Meridian-Instrumenten geben der Mauerkreis **[Fig. 170]** und das Durchgangs-Instrument **[Fig. 171]** der Pariser Sternwarte eine gute Vorstellung; sie sind wesentlich Troughton's Arbeiten nachgebildet, doch fehlen am Durchgangs-Instrument mit Recht die wegen ungleicher Spannung nicht einwurfsfreien Rohrstützen in 45°, dagegen ist der Cubus sehr groß und die Rohre entsprechend weit, aber leider bilden sie keine durchgehenden Conen, wie es der Einfachheit wegen zweckmäßig wäre. Die Gegengewichts-Hebel ruhen oberhalb der Pfeiler auf Säulen. — Diese beiden Instrumente spielen auf Ausstellungen in Paris in den Jahren 1819 bis 1834 eine Rolle (Bertholet, Grande Encyclopédie, inventaire raisonné des Sciences etc., Paris, **18**, S. 437), der Cercle mural ist aber erst 1843 im Observatoire aufgestellt worden: beide sind noch jetzt in Gebrauch.

Zahrtmann spricht weiter von Jecker[4]), etwa 50 Jahre alt und ein Schüler Ramsden's. Seine Instrumente sehen nicht gut aus. Zahrtmann hält sie aber doch für nicht schlecht. Jecker läßt noch auf Ramsden's Theilmaschine theilen.

Unter den Optikern in Paris ist Lerebours der angesehenste; er ist über 60 Jahre alt. Er hat viele Objective auf der Sternwarte prüfen lassen, darunter eins von 9^z Oeffnung; die meisten sollen gut gewesen sein.

Cauchoix[5]), der etwa 50 Jahre zählt, hat noch nicht so viel geschaffen, wie Lerebours, wird aber für recht tüchtig gehalten; er hat soeben ein 11-zölliges

[1]) Paul Etienne Le Noir, Paris 1776—1827.

[2]) Henri Prudence Gambey, Troyes 1787—Paris 1847.

[3]) Noël Jean Lerebours, Mortain (Normandie) 1761 — Paris 1840.

[4]) Jecker, Aachen ca. 1773.

[5]) Robert Aglaé Cauchoix, Cormeilles 1776 — Montmorency 1845.



Gambey's Cercle mural (Paris), um 1819, mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.





Gambey's Lunette méridienne (Paris), um 1819,
mitgetheilt von E. A. B. Mouchez.

Objectiv vollendet, das größte bisher in Frankreich ausgeführte, dazu ein Stativ sinnreicher Art.

Uebrigens ist Thiele (vielleicht der bekannte Uhrmacher), der nach Paris gekommen war, nachdem er bei Fraunhofer gearbeitet hatte, über die kümmerliche Einrichtung der optischen Werkstätten in Paris sehr erstaunt gewesen; er meinte, man würde sich in Benedictbeuern nie erlauben, die Gläser zwischen den Fingern zu halten, wie es in Paris üblich war.

Als Uhrmacher nennt Zahrtmann in erster Linie Breguet, den Enkel des kürzlich verstorbenen Begründers[1]) der Werkstatt, daneben den jüngeren Berthoud, Perlet, Duchemin und Motel. — Diese Mittheilungen verdankt Zahrtmann zu großem Theile Arago[2]).

Die hiermit abschließende Uebersicht endigt in einer Zeit lebhaften Wettstreites zwischen den Sternwarten und Werkstätten Deutschlands, Englands und Frankreichs. Unter ausgezeichneten Meistern sind große Fortschritte gemacht worden, und nach ihrem Hingange bereiten sich neue Kräfte vor, das Gewonnene auszubilden und Neues hinzuzufügen. Die Quadranten sind verschwunden, die Mauerkreise verlieren mehr und mehr an Ansehen und weichen den Meridiankreisen; Refractoren und Reflectoren wachsen an Kraft und Güte und erhalten zu Messungen zweckdienliche Aufstellungen; die Heliometer erlangen in neuer Form große Wichtigkeit; die kleineren, beweglichen Instrumente haben an Leichtigkeit und Zweckmäßigkeit wesentlich gewonnen und wetteifern mit den fest aufgestellten an Schärfe der Beobachtung. Durch staatliche Fürsorge ist der dauernde Bestand einer größeren Anzahl von Sternwarten gesichert, durch zunehmenden Austausch der dort erzielten Erfahrungen, neuen Methoden und Constructionen ist die Ausbildung der astronomischen Meßwerkzeuge zu einem beständigen Fortgange gelangt, und es fehlt nicht an leistungsfähigen Werkstätten, die ihn pflegen.

[1]) Abraham Louis Breguet, Neuenburg 1747 — Paris 1823.

[2]) Dominique François Jean Arago, Estagel bei Perpignan 1786 — Paris 1853.

Register.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig

